SHOUT
SHARE
IT

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

SIXIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

SIXIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT
L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

MM. AD. BRONGNIART ET J. DECAISNE

TOME I

PARIS
LIBRAIRIE DE G. MASSON
PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE
1875

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES

BOTANIQUE

NOUVELLES RECHERCHES SUR LES MUCORINÉES

Par M. Ph. VAN TIEGHEM.

INTRODUCTION.

En collaboration avec mon élève et ami M. G. Le Monnier, j'ai publié en 1873, sur les Champignons de la famille des Mucorinées, un premier travail que l'Académie des sciences a daigné encourager (1). Onze genres, dont quatre nouveaux, représentés par vingt-deux espèces, dont seize entièrement nouvelles et les autres peu et mal connues, ont été étudiés dans ce Mémoire à l'aide d'une méthode d'observation rigoureuse, qui a permis à la fois de redresser pour les espèces anciennes les erreurs qui en obscurcissaient l'histoire, et d'éviter de commettre ces mêmes erreurs dans l'étude des plantes nouvellement découvertes. Demeuré seul (2), j'ai poursuivi ces recherches dans la même voie critique et expérimentale, et j'expose ici les résultats de ce second travail, dans le dessein d'apporter une contribution nouvelle à la monographie future de la famille des Mucorinées.

---

(1) Ph. Van Tieghem et G. Le Monnier, *Recherches sur les Mucorinées* (*Ann. sc. nat.*, 5^e série, 1873, t. XVII, p. 261, et *Comptes rendus*, séance du 28 décembre 1874, t. LXXIX, p. 1630).

(2) M. G. Le Monnier a été appelé à la chaire d'histoire naturelle de la Faculté des sciences de Besançon.

Pour l'intelligence de ce qui va suivre, je puis me borner à rappeler ici que l'un des points essentiels de ma méthode d'observation consiste à semer et à cultiver *une* spore *en cellule*, c'est-à-dire dans une goutte de liquide nutritif pure de tout germe étranger, enfermée dans une petite chambre humide qui la maintient dans l'avenir à l'abri des spores de l'atmosphère, et disposée dans cette chambre de manière à permettre de suivre sans interruption au microscope l'évolution complète, végétative et reproductrice, de la plante qui procède de cette spore. Dans les Champignons, en effet, comme dans les végétaux supérieurs, la culture et l'observation continue d'un individu isolé à travers toutes les phases de son développement sont une condition que devra nécessairement remplir désormais tout observateur désireux d'élucider les points difficiles de l'histoire d'une espèce, et soucieux de donner à son travail une valeur scientifique.

Je dois rappeler encore que ces semis cellulaires, pratiqués dans les conditions de milieu les plus variées, ont établi, non-seulement qu'aucune Mucorinée ne se transforme en un autre Champignon de famille ou d'ordre différents, mais qu'à l'intérieur même de cette famille les formes génériques, et à l'intérieur de chaque genre les formes spécifiques, sont tout aussi fixes et tout aussi nettement caractérisées que dans les régions supérieures et mieux connues du règne végétal. Il n'y a pas, comme bien des auteurs l'ont récemment encore affirmé et soutenu, polymorphisme de la plante. Seulement l'appareil végétatif, le mycélium d'une espèce donnée, peut, tout en demeurant identique avec lui-même, produire, suivant les circonstances où il est placé, plusieurs sortes de corps reproducteurs, savoir : des œufs ou zygospores, des sporangiospores, des stylospores et des chlamydospores. C'est à une pluralité d'organes reproducteurs que se réduit partout, en définitive, le prétendu polymorphisme des Champignons.

Les cultures cellulaires dont il vient d'être question peuvent être dites *simples*, puisqu'elles ne renferment qu'une seule espèce de plantes, et *monospermes*, puisqu'elles ne contiennent au début qu'une seule spore et plus tard qu'un seul individu de cette espèce.

Pour l'étude de certaines questions, il pourra être nécessaire de semer dans la goutte nutritive deux spores de la même espèce, et de réaliser ainsi des cultures cellulaires, simples encore, mais *dispermes*. Il existe, on le sait, beaucoup de Champignons, et la famille des Mucorinées en offre notamment plusieurs exemples, où les divers tubes du mycélium simple qui procède d'une spore unique dans une culture monosperme s'anastomosent entre eux. On peut dès lors se demander si, quand deux de ces mycéliums simples se trouvent développés côte à côte dans la même goutte par deux spores de la même espèce, les tubes de l'un s'anastomosent aussi avec les tubes de l'autre, de manière à les confondre en un seul et même mycélium complexe. L'expérience conduit à une réponse affirmative, non-seulement pour les Mucorinées en question (*Syncephalis*, *Mortierella*), mais aussi pour les Ascomycètes (*Penicillium*, etc.) et pour les Basidiomycètes (*Coprinus*, etc.). Chez les Myxomycètes, la fusion en une plasmodie complexe des diverses plasmodies élémentaires issues de spores différentes, fusion que j'ai étudiée par voie de culture cellulaire chez le *Dictyostelium mucoroides*, me paraît n'être qu'un phénomène du même ordre, et dans lequel la sexualité a tout aussi peu à voir que chez les *Syncephalis*, les *Penicillium* et les *Coprinus*. Si les deux spores se trouvent très-rapprochées dans la goutte nutritive, il arrive souvent qu'elles s'unissent directement par une courte et étroite anastomose, et se soudent ainsi en quelque sorte en une spore unique; c'est ce que j'ai bien des fois observé notamment chez les *Penicillium*.

Cette fusion des mycéliums élémentaires se produit-elle encore quand les deux spores, au lieu d'appartenir à la même espèce, proviennent de deux espèces différentes d'un même genre? Les cultures cellulaires qu'il faut instituer pour résoudre cette question sont encore dispermes, mais *doubles*. L'expérience a été faite, chez les Mucorinées, avec deux espèces différentes de

Mortierella (*M. strangulata*, *M. tuberosa*) et de *Syncephalis* (*S. spherica*, *S. cornu*), chez les Ascomycètes avec deux espèces de *Penicillium* (*P. glaucum*, *P. bicolor*), et chez les Basidiomycètes avec deux espèces de *Coprinus* (*C. ephemeroides*, *C. radiatus*). Partout le résultat a été négatif. Anastomosées entre elles, les diverses branches émanées de l'une des spores passent, en les croisant, au contact des branches, également anastomosées entre elles, que l'autre spore a produites ; les premières peuvent même s'appliquer contre les secondes sur une certaine longueur ; mais nulle part il n'y a soudure ou anastomose. Les deux mycéliums simples demeurent donc indépendants, et portent chacun les fructifications qui lui sont propres.

En cas de doute, ces deux expériences permettent donc de décider si deux formes voisines, appartenant, bien entendu, aux groupes dont les tubes mycéliens ont la propriété de s'anastomoser, sont deux variétés d'un même type spécifique ou deux espèces réellement distinctes. Dans la même goutte nutritive, on sème en cellule une spore de chaque forme. Si les deux mycéliums simples s'anastomosent entre eux et se fusionnent en un mycélium double, c'est la même espèce. Si, au contraire, les tubes du premier refusant constamment de s'unir à ceux du second, les deux mycéliums élémentaires demeurent indépendants, ce sont deux espèces différentes.

Il en est tout autrement dans les cas de parasitisme. Si la plante que l'on se propose d'étudier par voie de culture cellulaire est parasite d'un autre Champignon, il va sans dire qu'il faut placer dans la goutte nutritive, à côté du germe du parasite, une spore de la plante nourricière. On obtient encore ainsi une culture cellulaire disperme et double. Il est facile ensuite de suivre au microscope la germination des deux spores, les relations qui s'établissent entre les deux organismes et qui, des deux mycéliums, semblent bientôt n'en plus faire qu'un, enfin toutes les circonstances de leur développement ultérieur.

La comparaison de cette culture double avec une culture simple installée en même temps, dans les mêmes conditions, et ne renfermant qu'une spore de la plante nourricière, fait juger immédiatement du degré d'action exercée par le parasite sur son hôte. Cette action est en général nuisible, puisque le parasite puise toujours au moins une partie de ses aliments dans la plante qu'il attaque; mais elle l'est plus ou moins, suivant les cas. Elle peut aussi devenir nulle, ou même avantageuse si, développant lui-même un appareil végétatif assez étendu, le parasite cède en retour à la plante hospitalière d'autres principes directement assimilés par lui, et dont elle puisse profiter, de manière à compenser et même au delà les pertes qu'elle a subies. Nous reviendrons tout à l'heure sur ce point.

D'autre part, la comparaison de cette même culture double avec une autre culture simple ne renfermant qu'une spore du parasite, permet de distinguer deux sortes de parasitismes : l'un *facultatif*, l'autre *nécessaire*. Le parasitisme est facultatif quand, dans la culture cellulaire simple, il se développe un mycélium qui fructifie et produit des spores fécondes ; quand il s'y forme, en un mot, une plante complète, quoique beaucoup moins vigoureuse que dans la culture double (*Chætocladium*, *Syncephalis*). Le parasitisme est nécessaire lorsque, dans la culture simple, la spore du parasite se borne à germer en poussant un ou quelques tubes courts, bientôt arrêtés dans leur développement (*Piptocephalis*, *Dimargaris*). Un parasite facultatif peut d'ailleurs, non-seulement se développer et fructifier tout seul, mais encore nourrir un parasite nécessaire, comme on le voit par les cultures doubles où l'on place à la fois une spore de *Chætocladium* et une spore de *Piptocephalis* ou de *Dimargaris*.

Cette dernière comparaison entre la culture cellulaire double et la culture simple du parasite permet en outre, surtout dans le cas du parasitisme nécessaire, de faire une remarque intéressante sur le mode de nutrition du parasite avant sa fixation, et sur la cause prochaine de cette fixation. On voit, en effet, les tubes émanés de la spore du parasite s'allonger beaucoup plus pendant le même temps dans la culture double que dans la culture simple, dépasser notablement dans la première le développement maximum qu'il leur est permis d'atteindre dans la seconde, et cela bien avant d'être arrivés au contact de la plante nourricière vers laquelle ils se dirigent, et dont ils s'approchent de plus en plus en raison même de cet accroissement. Le mycélium hospitalier en voie de développement exerce donc à distance, à travers le liquide, une double action, à la fois nutritive et directrice, sur les tubes du jeune mycélium parasite; il les excite à se développer, et en appelle à lui les extrémités. Pour expliquer cette action, il est nécessaire d'admettre que la plante hospitalière émet en dehors d'elle, par voie de diffusion dans le liquide ambiant, quelque substance spéciale, nutritive pour le parasite, et que celui-ci absorbe en prenant un accroissement corrélatif. Il s'établit ainsi, du lieu de production de cette substance au lieu de sa consommation, c'est-à-dire des tubes de l'hôte à ceux du parasite, un courant diffusif, dans la direction et à l'encontre duquel ces derniers s'allongent de plus en plus, de manière à venir fatalement, si la distance n'est pas trop grande, heurter par leurs sommets les tubes nourriciers; ils s'y fixent alors de diverses manières pour y pomper, directement désormais, les aliments dont ils ont besoin. Si l'on a placé dans la goutte nutritive, à diverses distances de la spore libre et des tubes qui en proviennent, plusieurs spores du parasite, on voit que l'influence ressentie par elles diminue très-rapidement quand la distance augmente; résultat qui s'explique surtout, parce que les tubes émanés des spores les plus proches absorbent pour leur compte la substance émise par la plante nourricière, et l'empêchent ainsi de parvenir aux plus éloignées (1).

Pour certaines recherches relatives au parasitisme, et dont le présent travail offrira aussi plusieurs exemples, il sera même nécessaire de semer trois ou quatre spores d'espèces différentes dans la même goutte nutritive, d'instituer des cultures *triples* ou *quadruples*. En suivant le développement simultané des divers individus dans cette culture complexe, on déterminera aisément la nature des relations qui s'établissent entre eux.

---

(1) Au point de vue de la question dite des « excrétions de racines », mais surtout au point de vue de la digestion végétale, c'est-à-dire de l'action dissolvante exercée par les racines sur les particules solides du sol, par les cotylédons sur l'albumen, et dans certaines circonstances par les feuilles sur les corps organisés qui tombent à leur surface, cette observation offre un intérêt qui n'échappera pas aux physiologistes.

Trois spores, par exemple, appartenant à autant de genres distincts, et même à des familles très-différentes, pourront, en se fusionnant ainsi, ne produire en définitive qu'un seul mycélium, hétérogène, il est vrai, mais parfaitement continu dans toutes ses parties. Dans certaines conditions, ce mycélium triple portera même sur ses trois sortes de tubes autant de fructifications différentes qui, se trouvant reliées entre elles par une apparente continuité de tissu, pourront faire croire à un polymorphisme qui n'existe pas. Plaçons, par exemple, en cellule, dans la même goutte nutritive, une spore de *Mucor Mucedo*, plante indépendante, une spore de *Chætocladium Brefeldii*, parasite facultatif, et une spore de *Piptocephalis repens*, parasite nécessaire. Nous voyons d'abord les tubes mycéliens de la seconde plante se fixer à ceux de la première ; puis ceux de la troisième, ou bien s'attachent aussi au *Mucor Mucedo*, qui se trouve nourrir alors deux parasites à la fois, l'un facultatif et l'autre nécessaire, ou bien viennent s'insérer sur ceux du *Chætocladium Brefeldii* pour y puiser leur nourriture. Dans ce dernier cas, la triple association se compose d'une plante nourricière, le *Mucor Mucedo*, d'un parasite de premier degré et facultatif, le *Chætocladium Brefeldii*, enfin d'un parasite de second degré et nécessaire, le *Piptocephalis repens*. Ces cultures cellulaires complexes permettent donc de démontrer chez les Champignons l'existence d'un parasitisme de second degré, et même, dans certaines quadruples associations, d'un parasitisme de troisième ordre.

Enfin, quand on réfléchit, d'une part au mode de nutrition des plantes indépendantes qui, nous venons de le voir, cèdent au milieu liquide où elles vivent quelques substances capables de subvenir aux besoins de certaines autres plantes, d'autre part au mode d'existence des parasites facultatifs, on est conduit à se demander si, dans les cas de parasitisme, tout le profit est toujours d'un côté, toute la perte toujours de l'autre ; en d'autres termes, si le parasite ne cède jamais à la plante où il s'est attaché et qui le nourrit, aucune substance assimilée directement par lui et dont elle puisse tirer avantage, s'il n'y a pas, au moins dans certains cas et à quelque degré, réciprocité dans le parasitisme. Par la comparaison des cultures doubles avec les cultures simples de la plante hospitalière, la méthode des semis cellulaires permet encore d'étudier cette difficile question et de la résoudre affirmativement dans certains cas.

La chose n'est possible évidemment que si le parasite développe dans le liquide un mycélium, assez étendu pour y puiser directement une partie de sa nourriture, et doué de propriétés assez distinctes de celles du mycélium hospitalier pour que cette nourriture soit sensiblement différente de celle que ce dernier y puise. Les cas où ces deux conditions seront remplies à la fois devront donc être seuls considérés. En outre, la chose s'accusera d'autant plus nettement, que les deux plantes associées auront des propriétés plus distinctes et des besoins plus différents, c'est-à-dire, en général, qu'elles appartiendront à des groupes naturels plus éloignés. Entre Champignons, la réciprocité apparaît déjà nettement dans plusieurs circonstances; mais on se place naturellement dans le cas le plus favorable quand on considère le parasitisme, non plus entre deux Champignons, mais, par exemple, entre un Champignon et une Algue, deux plantes douées de propriétés et de besoins très-différents et pour ainsi dire complémentaires. Or le cas le plus remarquable et, grâce aux travaux de M. Schwendener et de M. Bornet, le mieux connu aujourd'hui, de parasitisme des Champignons sur les Algues, nous est offert par les Lichens.

On sait qu'ici c'est un Champignon de l'ordre des Ascomycètes qui s'établit en parasite sur une Algue inférieure; mais je dis qu'en retour cette Algue est parasite sur le Champignon, et que la condition de cette intime alliance, de ce véritable *consortium* qu'on appelle un Lichen, est un parasitisme réciproque. En effet, s'il est vrai qu'en culture cellulaire simple, en dehors de l'Algue nourricière, le Champignon (*Physcia parietina*) ne peut se développer, et périt après avoir formé ses premiers filaments germinatifs, s'il est vrai aussi qu'en culture cellulaire simple, loin de tout Champignon, l'Algue (*Protococcus viridis*) se développe et se reproduit, il n'est pas moins certain que, dans les cultures cellulaires doubles où le même Champignon est en présence de la même Algue, celle-ci, aussitôt qu'elle a été touchée et en partie enveloppée par les filaments mycéliens, non-seulement ne souffre pas de ce contact, mais s'accroît avec plus de vigueur, et surtout multiplie ses cellules avec plus d'activité que dans la culture de comparaison où elle est seule et où elle demeure indépendante. L'Algue nourrit donc le Champignon, mais en même temps le Champignon nourrit l'Algue. Voici comment je m'explique cet échange nutritif.

On sait que les Champignons, à la seule condition de recevoir du dehors et toutes faites des combinaisons de carbone avec l'hydrogène et l'oxygène, composent, avec une extrême abondance et une surprenante rapidité, les matières albuminoïdes du protoplasma, à l'aide de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique et des éléments minéraux des cendres. Les Algues de leur côté, grâce à la chlorophylle dont elles sont toujours pourvues, ont la faculté d'enlever le carbone à l'acide carbonique du milieu ambiant, de le combiner avec l'hydrogène et l'oxygène, et de créer ainsi des principes hydrocarbonés. Mais ce n'est qu'avec lenteur, et péniblement pour ainsi dire, qu'elles édifient ensuite avec ces matériaux, joints aux sels ammoniacaux ou aux nitrates et aux éléments des cendres, les substances albuminoïdes du protoplasma ; aussi voit-on les principes hydrocarbonés s'y accumuler en excès et s'y mettre en réserve sous forme de grains d'amidon, fait sans exemple dans les Champignons.

Ceci posé, dans le *consortium* qui constitue le Lichen, le Champignon tire de l'Algue, sans lui nuire, les substances hydrocarbonées dont il a besoin et qu'elle forme en excès, et l'Algue à son tour puise dans le Champignon, sans gêner beaucoup son développement, les principes albuminoïdes qui y abondent, et dont elle est relativement pauvre. Il y a entre les deux êtres un échange nutritif continu, s'opérant par voie de transport diffusif des substances alimentaires, du lieu de plus grande production vers le lieu de plus grande consommation. Comme nous l'avons vu tout à l'heure, cet échange s'opère d'abord à distance et détermine la fixation ; après quoi, il se continue directement à travers la surface de contact. Par cette mutuelle assistance, les deux développements se règlent l'un sur l'autre, s'harmonisent et s'équilibrent dans une vie commune, la vie du Lichen (1).

Dans de certaines conditions, le parasitisme est donc réciproque. Ce parasitisme réciproque pourrait, on le conçoit, être équivalent, c'est-à-dire se montrer, ou bien nécessaire au même titre pour les deux conjoints, incapables de vivre l'un sans l'autre, ou bien également facultatif pour les deux alliés, qui pourraient vivre séparément, tout en trouvant avantage à s'associer ; mais ces deux cas nous sont inconnus jusqu'à présent. Dans le *consortium* lichénique, les choses se passent autrement. Le parasitisme y paraît nécessaire du côté du Champignon, qu'on ne rencontre jamais isolé, mais il est facultatif du côté de l'Algue, qui se développe fort bien toute seule; il est réciproque, mais non équivalent.

En résumé, pendant que les cultures cellulaires simples, monospermes ou dispermes, permettent de suivre le développement des espèces indépendantes et d'élucider toutes les questions qui les intéressent, il faut des cultures cellulaires complexes pour étudier tous les problèmes qui concernent la vie des plantes parasites.

Mais, en outre, dans l'un et l'autre cas, ce mode de culture, où la plante est observée sur place, et à l'aide des plus forts grossissements, dans les conditions mêmes où elle est née et où elle se développe, et cela pendant autant de temps et à des intervalles aussi rapprochés qu'il est nécessaire, permet de faire d'intéressantes observations générales, notamment sur le mouvement du protoplasma vivant, sur la manière dont il cicatrise ses blessures, dont il dépérit et meurt dans les tubes qui le renferment, etc.

Aussi, après avoir montré par ce qui précède comment la méthode des cultures cellulaires s'applique aux diverses questions que nous aurons à résoudre dans le cours de ce travail, et avant d'entrer dans l'étude particulière des genres et des espèces de Mucorinées, ou de parasites des Mucorinées, qui font l'objet de ce mémoire, je crois utile de signaler ici quelques propriétés générales du protoplasma de ces plantes, notamment le mouvement dont il est animé, la manière dont il cicatrise ses blessures accidentelles ou normales, les cristalloïdes qu'il produit, enfin le mode de formation de ses spores.

---

(1) L'Algue bénéficie encore du Champignon à un autre point de vue, tout physique cette fois. Elle y trouve, en effet, un abri contre la dessiccation à laquelle sa végétation aérienne l'expose très-souvent et qui tend à suspendre son développement.

I

ÉTUDE DE QUELQUES PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES.

MOUVEMENT ET CICATRISATION DU PROTOPLASMA. — FORMATION DES CRISTALLOIDES ET DES SPORES.

Mouvement du protoplasma. — Considérons une culture cellulaire simple où une spore de Mucorinée a formé un mycélium déjà bien développé, mais encore en voie d'accroissement, non cloisonné jusqu'ici, et n'ayant pas encore dressé dans l'air ses tubes sporangifères. Étudions les filaments mycéliens sur place à un fort grossissement, et suivons-les d'abord à partir d'une certaine distance de leur sommet végétatif jusqu'à la spore primitive, c'est-à-dire dans toute la région où leur protoplasma granuleux forme sur la face interne de la membrane de cellulose un revêtement pariétal enveloppant le suc cellulaire, et y projetant d'une face à l'autre des bandelettes obliques.

Nous verrons tous les granules de ce protoplasma pariétal, animés d'un mouvement incessant, monter sur une face, descendre sur la face opposée; le long des bandelettes, les granules se meuvent aussi, tantôt dans le même sens, le plus souvent en sens contraire sur les deux bords de la bandelette, dans l'épaisseur de laquelle ils se heurtent et se contrarient. Si d'un tube on passe à une branche insérée sur la face ascendante du courant, on voit les granules s'échapper du tube dans la branche, s'y élever sur sa face inférieure, y redescendre sur la face supérieure, et, revenus dans le tube, y reprendre leur marche ascendante. Ce mouvement circulatoire des granules s'étend donc à toutes les parties de la cellule rameuse qui constitue le mycélium, et on le suit jusque dans la spore primitive, que le courant traverse si elle a produit deux ou plusieurs tubes, contre le fond de laquelle il se réfléchit au contraire quand elle n'en a formé qu'un seul.

Ceci posé, si, au lieu de porter son attention sur les granules, on fixe le bord hyalin du protoplasma pariétal lui-même, là où il présente quelque accident, une bosse saillante vers l'intérieur par exemple, on voit cet accident, cette bosse, se déplacer lentement dans le même sens que les granules. La masse fondamentale homogène du protoplasma glisse donc continuellement contre la paroi de cellulose, s'élevant sur une face, redescendant sur l'autre; c'est elle qui entraîne les granules, dont les déplacements, plus visibles que le sien, ne font qu'accuser au dehors le mouvement qui l'anime.

Les choses étant ainsi dans les tubes d'âge moyen, voyons comment elles s'y établissent quand ils sont plus jeunes, et comment elles s'y altèrent quand ils vieillissent. Si l'on s'élève vers le sommet végétatif des tubes encore en voie d'accroissement, on rencontre d'abord une région où le suc cellulaire n'a pas encore pénétré, mais où le protoplasma fondamental a déjà formé des granules. Ces granules se déplacent constamment dans la masse homogène, montant d'un côté, redescendant de l'autre, et continuant la direction du mouvement qui les animait dans la région plus âgée du même tube. Ainsi la masse fondamentale homogène du protoplasma, même avant d'être creusée de suc cellulaire, est déjà animée d'un mouvement interne. On arrive ensuite à une région qui forme l'extrémité même du tube, où le protoplasma ne renferme que des granules excessivement fins ou bien est complétement homogène, et où rien en lui n'accuse plus de mouvement. Mais la remarque qui précède porte à croire que le mouvement y existe néanmoins, et que c'est dans cette région terminale homogène que s'opère la réflexion du courant protoplasmique.

Considérons maintenant les tubes mycéliens de plus en plus âgés. A un certain âge il s'y forme des cloisons, d'abord à la base des branches radicellaires quand la plante en possède, et plus tard assez souvent dans les tubes principaux eux-mêmes ; nous reviendrons tout à l'heure sur la cause déterminante de ces cloisons. Bornons-nous à observer pour le moment qu'elles n'empêchent pas le courant protoplasmique ; elles le brisent seulement en autant de courants partiels qu'il se fait de cellules distinctes ; ces courants se réfléchissent sur les cloisons, et de manière à se mouvoir fréquemment en sens contraire sur les deux faces de chacune d'elles. Plus tard, le protoplasma s'use peu à peu dans la plupart des cellules et des tubes ainsi séparés, en même temps qu'il s'accumule en certains points pour se porter en définitive aux organes de fructification. Mais le mouvement de courant persiste, tant qu'il y a dans la cellule ou dans le tube une légère couche de protoplasma pariétal, et il ne s'évanouit qu'avec les derniers granules protoplasmiques. Morte désormais, la cellule ne renferme plus qu'un liquide inerte, homogène, ou tenant en suspension des gouttelettes d'huile comme cela est fréquent sur les myceliums nourris avec le jus d'orange.

Ainsi le mouvement de courant, qui se manifeste à nous dès qu'il s'est formé d'assez gros granules dans le protoplasma fondamental, mais qui sans doute y existe déjà auparavant, ne s'éteint qu'avec la disparition totale du protoplasma, et sa cessation est le signe de la mort de la cellule. Il n'est pas lié nécessairement à la végétation aquatique du mycélium, car il se manifeste nettement dans les tubes mycéliens qui, dépassant les bords de la goutte nutritive, rampent dans l'air sur le verre mince formant le plafond de la chambre humide, et qui sont d'ailleurs mouillés par une mince gaîne d'eau qu'ils entraînent avec eux (1). Enfin les tubes sporangifères eux-mêmes, au fur et à mesure qu'ils s'élèvent dans l'air, admettent en eux le courant de la branche où ils s'insèrent ou qu'ils prolongent. Seulement, à cause de la grande accumulation du protoplasma, le mouvement de courant ne s'y accuse nettement qu'après la formation des spores, lorsque e tube a pris du liquide cellulaire.

---

(1) Quand il s'est formé ainsi de longues branches aériennes rampantes, s'insinuant parfois entre le plafond mobile et le mur circulaire de la chambre pour venir dans l'air extérieur, il suffit de retirer la cellule de l'atmosphère humide où elle séjourne et de la transporter sous le microscope, pour déterminer une notable dessiccation de ces tubes. On voit alors le protoplasma des tubes plongés s'écouler tout entier vers les points desséchés. Il faut bien se garder de confondre ce mouvement de masse, déterminé par une cause physique extérieure, avec le mouvement de courant que nous venons d'étudier.

Le mouvement du protoplasma a donc lieu pendant toute la vie de la plante et dans toute son étendue, aussi bien dans l'air que dans le milieu nutritif. Il se montre déjà bien actif vers 8 à 10 degrés, mais sa vitesse est plus grande entre 15 et 20 degrés. Je l'ai constaté dans presque toutes les Mucorinées étudiées, notamment chez toutes celles qui, par le grand diamètre de leurs tubes mycéliens ou fructifères, se prêtent le mieux à l'étude du phénomène. Il existe cependant tout aussi bien dans les tubes grêles du mycélium des *Mortierella* que dans les filaments relativement gros de celui des divers genres de la tribu des Mucorées. J'ai même réussi à l'apercevoir dans les tubes excessivement fins des *Syncephalis*. Il est d'autant plus net, on le conçoit, que les granules sont plus gros et moins serrés; s'ils sont colorés en jaune, comme dans les *Pilobolus*, la chose est encore plus facile à voir. L'un des meilleurs sujets d'études sous ce rapport est le *Phycomyces nitens*, aussi bien son mycélium que ses gros tubes sporangifères. Après la maturité du sporange, ces derniers se vident progressivement, mais le protoplasma pariétal y persiste assez longtemps sous forme d'une couche très-mince, marquée de stries parallèles, verticales ou inclinées en hélice. Les granules montent le long de certaines stries et redescendent le long de certaines autres stries qui alternent quelquefois assez régulièrement avec les premières. A cet âge avancé il circule donc ici, contre la paroi interne du tube, plusieurs courants protoplasmiques fermés, parallèles, qui viennent tous à la fois se réfléchir dans la columelle. A côté des deux précédents, citons encore, comme bons exemples pour l'étude de la circulation dans les tubes mycéliens, le *Piluira Cesatii*, les *Mortierella tuberosa* et *strangulata*, etc.

Cette circulation du protoplasma a été déjà observée et décrite chez les Mucorinées, mais dans le seul *Pilobolus*. Elle a été vue, il y a longtemps déjà, dans les tubes fructifères du *P. œdipus* par M. Cohn (1), qui n'a pas réussi à l'apercevoir dans le mycélium. Contestée par Corda (1854) et plus tard par Coemans (2), la parfaite exactitude de cette observation a été vérifiée récemment par M. Klein (3), qui a décrit avec soin l'aspect du phénomène tel qu'il se présente dans la grande cellule sporangifère. M. Klein a démontré en même temps que le mouvement existe aussi dans le mycélium; « seulement, fait-il remarquer, il faut naturellement pour l'apercevoir étudier des portions de mycélium aussi intactes que possible ». Remarquons, à ce propos, que ce n'est pas un des moindres avantages des cultures cellulaires que de se prêter admirablement à l'étude des mouvements du protoplasma, sur la plante observée en place, dans les conditions mêmes où elle est née et où elle se développe. L'observation d'un même tube peut durer ainsi autant de temps et être répétée à des intervalles aussi courts que l'on veut; enfin la vitesse du mouvement dans ce tube peut être comparée à diverses températures (4).

Cicatrisation des blessures et occlusion spontanée du protoplasma. — Considérons de nouveau un mycélium de Mucorinée développé en culture cellulaire par une spore unique, non cloisonné encore et en voie d'accroissement. Ouvrons la chambre humide, retournons le verre mince qui en forme le plafond et qui porte en son milieu la goutte nutritive, et coupons avec une aiguille quelques-unes des branches principales, non loin de leur sommet végétatif. Puis refermons la cellule et observons ce qui se passe aux extrémités blessées.

---

(1) Cohn, *Entwickelungsgeschichte des* Pilobolus crystallinus (*Nova acta*, t. XIII, p. 509, 1851).

(2) Coemans, *Monographie du genre* Pilobolus (*Mémoires couronnés de l'Académie de Bruxelles*, t. XXX, p. 34, 1861).

(3) Klein, *Zur Kentniss des* Pilobolus (*Jahrbücher für wissenschaft. Botanik*, t. VIII, p. 321, 1872).

(4) Les tubes polliniques, obtenus de grains de pollen semés en cellule dans ces mêmes conditions, offrent aussi très-nettement le mouvement circulatoire du protoplasma et sont également de bons exemples pour l'étude de ce phénomène, comme je l'ai fait remarquer ailleurs (*Recherches sur la végétation libre du pollen et de l'ovule et sur la fécondation directe des plantes* [*Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. XII, 1870]).

Dans chacun des tubes béants, le protoplasma vivant se contracte à une petite distance de l'ouverture et se sépare nettement du protoplasma mort et grumeleux qui occupe le voisinage de la section et qui s'est épanché en partie au dehors. En même temps il rapproche ses bords et les confond en une surface limite un peu convexe, brillante et dépourvue de granules; celle-ci se consolide et ne tarde pas à sécréter une lame de cellulose qui s'ajuste et se soude latéralement à la paroi interne du tube en le fermant complétement. Cette cloison, qui cicatrise définitivement la plaie, exige seulement quelques minutes pour se former. Un instant interrompu et arrêté au moment de la section, le courant protoplasmique se referme et reprend son cours dès que le protoplasma a ressoudé et consolidé sa surface; il se réfléchit alors contre le bord interne de la cloison. Une fois refermé, le tube continue son développement, et c'est en général en poussant une branche latérale audessous de la cloison. J'ai rarement vu la cloison de cicatrisation elle-même se développer et permettre au tube de se prolonger dans sa direction première à travers la partie morte, comme fait par exemple la cloison basilaire du sporange des *Saprolegnia* (1).

Si la portion de tube détachée par l'aiguille a quelque étendue, les choses se passent chez elle comme dans la partie qui demeure attachée au reste du mycélium et le filament isolé continue de végéter par son sommet intact. Les deux plaies en regard se cicatrisent alors en même temps et les deux fragments inégaux vivent désormais indépendants. On peut ainsi séparer l'une de l'autre les diverses branches principales issues d'une même spore primitive, et même couper chacune de ces branches en plusieurs fragments. Toutes les sections se cicatrisent par des cloisons et les tronçons, complétement fermés vis-à-vis du milieu extérieur, continuent de vivre et peuvent même se développer et fructifier comme s'ils étaient encore rattachés ensemble dans le mycélium primitif. D'une seule spore de *Mucor*, de *Phycomyces*, de *Pilobolus*, de *Mortierella*, etc., on obtient donc, par cette sorte de bouturage, plusieurs plantes indépendantes. Pour donner plus de force à ces boutures, on les transporte ensuite dans autant de gouttes nutritives différentes. D'une spore de *Phycomyces nitens*, par exemple, j'ai pu obtenir ainsi 6 pieds isolés, produisant chacun de petites fructifications ; d'une spore de *Mortierella strangulata*, 11 mycéliums fructifères séparés. Ces cultures cellulaires fragmentaires sont en quelque sorte l'opposé des cultures cellulaires complexes dont nous avons parlé plus haut et dans lesquelles deux ou plusieurs spores initiales ne donnent en définitive qu'un seul mycélium composé : homogène, si les spores et les mycéliums élémentaires fusionnés sont de même espèce, comme dans les *Mortierella* et les *Syncephalis*, comme aussi dans les Ascomycètes et les Basidiomycètes ; hétérogène, si les spores et les mycéliums élémentaires combinés sont de nature différente, comme dans les divers cas de parasitisme.

---

(1) Quelques cas de cicatrisation analogue ont été observés par M. Klein sur des filaments mycéliens de *Pilobolus* séparés par arrachement du reste du mycélium (*loc. cit.*, p. 339, fig. 28).

La cicatrisation des tubes mycéliens a lieu tout aussi bien dans l'air que dans le liquide nutritif, comme on s'en assure en coupant des stolons de *Rhizopus nigricans*, ou des filaments de *Phycomyces nitens* rampant sur le verre en dehors de la goutte, avec les précautions nécessaires pour empêcher leur dessiccation. Et ceci nous amène à considérer les tubes fructifères qui se dressent dans l'atmosphère. Pendant qu'il est encore en voie d'accroissement, blessons l'extrémité d'un de ces tubes en la déchirant avec une aiguille ou en la coupant avec des ciseaux, en la comprimant au moyen d'un disque de verre ou en la laissant se dessécher quelques intants. Le protoplasma de la région inférieure non atteinte se contracte aussitôt, se referme et se sépare par une cloison de l'extrémité morte. Après quoi, le tube pousse au-dessous de la cloison une branche latérale qui se termine par un sporange pareil à celui qu'aurait formé la tige principale, mais d'autant plus petit que la perte de protoplasma occasionnée par la blessure a été plus grande.

Cette prompte cicatrisation des blessures du protoplasma est donc un phénomène général chez les Mucorinées. Il s'étend à toutes les parties de la plante, et les cultures cellulaires permettent de l'étudier très-aisément. On comprend d'ailleurs, sans qu'il y ait besoin d'y insister, que dans les circonstances naturelles et en dehors de l'intervention de l'homme, cette propriété précieuse trouve très-fréquemment à s'exercer. Elle conserve la plante, et lui permet de résister aux causes de destruction qui l'entourent en ne sacrifiant chaque fois qu'une faible partie seulement de sa substance, celle qui a été directement attaquée.

Mais ce que je veux faire remarquer, c'est que cette faculté du protoplasma vivant de se séparer des parties mortes par une cloison se manifeste souvent dans les conditions normales, sans qu'il y ait eu blessure véritable du tube, accompagnée d'une déchirure de la membrane et d'un épanchement partiel du protoplasma. En effet, au moment où le mycélium, encore dépourvu de cloisons s'il n'a pas été blessé, se dispose à fructifier, le protoplasma se retire peu à peu de la plupart des tubes qui l'ont produit pour venir s'accumuler aux points d'insertion des filaments sporangifères dans lesquels il s'élève au fur et à mesure de leur développement. Or, à mesure qu'il abandonne ainsi un tube ou une portion de tube, il s'en sépare souvent par une cloison; de sorte qu'à un moment donné toutes les régions occupées par le protoplasma vivant sont isolées par de nombreuses cloisons des parties mortes du mycélium. Celles-ci, de leur côté, ont donc leurs tubes vides entrecoupés de cloisons, qui indiquent les limites du protoplasma vivant aux diverses phases antérieures de ses pérégrinations. Ces cloisons d'occlusion spontanée, comme on peut les appeler, n'attendent pas d'ailleurs pour se former que la partie laissée en arrière soit complétement vidée et morte; elles se développent quand cette partie contient encore une couche plus ou moins épaisse de protoplasma pariétal, de manière à se trouver toutes faites au moment de la mort. C'est en quoi elles diffèrent des cloisons de cicatrisation dont il était question tout à l'heure.

Malgré cette différence secondaire entre les deux phénomènes, ces cloisons d'occlusion spontanée, développées tardivement, à intervalles très-irréguliers et en quantité très-inégale suivant les genres et les espèces, me paraissent dues à la même cause générale que les cloisons de cicatrisation accidentelle, savoir à la tendance du protoplasma vivant à se maintenir fermé vis-à-vis du milieu inorganique où rentrent incessamment, au fur et à mesure qu'il les abandonne, les parties mortes du corps de la plante.

Enfin il est un troisième genre de cloisons, liées à la reproduction et qu'on peut appeler normales. Ce sont celles qui viennent séparer du reste de la plante les divers corps reproducteurs qu'elle produit : spores, zygospores, stylospores et chlamydospores. On peut encore les rattacher à une cause prochaine analogue. Ne servent-elles pas à isoler le protoplasma éminemment vivant, qui se condense localement pour former ces divers corps reproducteurs, des parties sous-jacentes qui sont destinées à périr bientôt ? Si ces parties ne meurent pas tout entières, si, par exemple, après la maturité du sporange terminal de nouveau protoplasma afflue dans la région inférieure du tube sporangifère, il s'y fait à quelque distance de la cloison normale une cloison d'occlusion spontanée, qui sépare la partie supérieure morte du tube de sa région inférieure vivace ; au-dessous de cette cloison, il se développe une branche latérale qui se termine à son tour par un sporange, et les choses peuvent se reproduire ainsi un grand nombre de fois, comme on le voit dans le *Mucor bifidus* et les espèces voisines qui ont le même développement sympodique, dans les *Circinella*, etc.

En résumé, qu'elle soit provoquée par des blessures ou spontanée, qu'il y ait cicatrisation ou occlusion, la formation des cloisons chez les Mucorinées, plantes essentiellement monocellulaires, doit être attribuée à la propriété générale que les expériences citées plus haut ont mise en évidence, c'est-à-dire à la faculté que possède le protoplasma vivant de se maintenir constamment fermé vis-à-vis du milieu extérieur, et vis-à-vis des parties de son propre corps qui sont mortes déjà ou doivent mourir bientôt.

On trouvera peut-être que l'intérêt de ces observations dépasse le groupe des Mucorinées et qu'elles s'appliquent probablement à tous les myc éliums unicellulaires, notamment à ceux des Saprolégniées et des Péronosporées. Quand il s'agit, au contraire, de myc éliums pluricellulaires, comme ceux des Ascomycètes et des Basidiomycètes, la cicatrisation n'a pas lieu en général, parce qu'elle est inutile. Toute rupture ou blessure d'un filament n'intéresse qu'une cellule, qui est tout entière condamnée; les voisines, s'en trouvant déjà séparées par des cloisons, ne souffrent pas.

Mais on sait qu'il existe un groupe d'Algues, les Siphonées, dont l'appareil végétatif unicellulaire offre une grande analogie avec celui des Mucorinées, et où la même question se présente par conséquent. Elle y a été étudiée et résolue dernièrement par M. Hanstein sur un *Vaucheria* indéterminé (1). En cultivant ce *Vaucheria* dans une chambre humide assez analogue à celles dont je me sers depuis plusieurs années, M. Hanstein s'est assuré que toute section faite dans le tube se cicatrise promptement par la contraction du protoplasma vivant, la consolidation de sa surface et la sécrétion d'une cloison de cellulose. On peut tailler un filament en plusieurs morceaux; ils se cicatrisent aux deux bouts, même s'ils sont très-courts. Les divers fragments ainsi refermés poussent ensuite une branche latérale sous la cloison et continuent ainsi leur végétation.

La résistance vitale du corps protoplasmique de la cellule, la faculté qu'il possède de cicatriser ses blessures et de compléter, en la rapiéçant, sa carapace de cellulose, toutes les fois que par une cause quelconque elle se trouve ou va se trouver bientôt interrompue, se montrent donc à nous comme une propriété générale.

Formation et rôle des cristalloïdes de mucorine (pl. 1, fig. 1–6). —Nous venons de voir que le protoplasma, formé de toutes pièces dans les filaments mycéliens, y circule sans cesse, cicatrisant ses blessures aussitôt qu'il les a reçues, et, le moment de la fructification venu, abandonnant de proche en proche les tubes où il est né et dont il se sépare au fur et à mesure par des cloisons, pour affluer de tous côtés vers les points où commencent à se développer les filaments sporangifères, dans lesquels nous allons le suivre maintenant.

---

(1) Hanstein, *Ueber die Lebenszähigkeit der* Vaucheria-*zelle* (*Niederrhein. Gesellschaft für Natur-und Heilkunde*, 4 novembre 1872, et *Botanische Zeitung*, 31 octobre 1873, p. 697).

Dès que le tube fructifère se dresse sur le mycélium, le protoplasma dense et granuleux qui s'y accumule commence à subir une transformation remarquable. Il s'en sépare peu à peu une matière albuminoïde spéciale, qui se dépose à l'état de corps cristallisés incolores, empâtés dans la masse générale. A mesure que le tube grandit, cette séparation continue et les cristaux y deviennent de plus en plus nombreux. Quand le renflement terminal est formé, la cloison plane ou voûtée qui vient séparer le sporange du filament laisse au-dessous d'elle tous ces corps cristallisés; le protoplasma sporigène situé au-dessus en est totalement dépourvu. C'est donc dans le filament sporangifère et jusque dans la columelle, quand elle existe, que s'accumulent les cristaux que nous allons étudier. Quand le tube a mûri son sporange et terminé son élongation, quand le protoplasma n'y forme plus qu'une couche pariétale enveloppant une large cavité occupée par le suc cellulaire, c'est alors qu'on les y rencontre en grand nombre et que l'observation en est le plus facile. La plupart nagent en effet librement dans le suc cellulaire; certains sont encore empâtés dans la couche pariétale, mais ils ne tardent pas à s'en dégager au fur et à mesure qu'elle s'use et s'amincit. Si l'on étudie un de ces filaments sporangifères mûrs, cassé à sa base et placé dans l'eau sous une lamelle, la pression du verre mince détermine un écoulement de suc cellulaire par la section et par suite une descente générale de tous les corps cristallisés, de la columelle vers la base du tube, où ils s'échappent librement dans le liquide extérieur. Ils roulent donc, culbutent en tous sens et, en fixant un point déterminé, on les y voit passer en grand nombre et dans toutes les positions possibles.

Ces corps cristallisés sont de nature albuminoïde. Ils jaunissent par l'iode; ils se colorent en rose par l'acide sulfurique, réaction qui atteste en même temps la présence dans le suc cellulaire d'un principe sucré, que les recherches récentes de M. Müntz nous ont appris être du tréhalose (1). Gonflés par la potasse en dissolution étendue, contractés au contraire et raccornis par l'alcool, faiblement réfringents, mous, à contours pâles, plus denses à la périphérie qu'au centre où ils sont ternes et quelquefois entièrement vides, par tous ces caractères ils s'éloignent des vrais cristaux et rentrent dans cette catégorie de corps qu'on appelle des *cristalloïdes* chez les Phanérogames. Par cristalloïdes, on n'entend pas désigner d'ailleurs une matière chimiquement déterminée et toujours la même, mais seulement une façon de cristalliser que bien des matières albuminoïdes différentes sont capables d'affecter. Nous verrons plus loin que la substance qui se dépose sous cette forme chez les Mucorinées, a des caractères et un rôle parfaitement déterminés et par où elle diffère de toutes celles qui cristallisent de la même manière chez les Phanérogames. Il convient donc de lui donner dès maintenant un nom spécial, et nous l'appellerons *mucorine*.

Suivant les genres où on les étudie, les cristalloïdes de mucorine se présentent sous deux formes bien distinctes. Ils sont octaédriques dans les *Pilobolus* (fig. 1), où ils ont déjà été signalés par M. Klein (2). Quoique d'assez grande taille, ces octaèdres ne font pas reparaître l'image avec les nicols croisés ; ils sont donc monoréfringents et appartiennent au système cubique ou régulier. M. Klein n'avait pu décider cette question. Dans les *Mucor*, ils ont la forme de tables triangulaires, tronquées aux trois sommets, de manière à présenter encore huit faces, savoir : deux larges faces parallèles à six côtés alternativement grands et petits, et six petites faces trapézoïdes, dont les côtés parallèles forment alternativement le grand côté d'une des larges faces et le petit côté de l'autre (fig. 2 et 3). Quelquefois les trois petits côtés deviennent aussi grands que les autres et la table pourrait être prise pour un prisme hexagonal très-surbaissé. Il n'en est rien cependant, et le solide en question dérive très-facilement de l'octaèdre régulier, par l'accroissement prédominant de deux faces parallèles et la transformation de leurs six sommets en autant de courtes arêtes (fig. 4). Ainsi la forme cristalline que revêt la mucorine chez les *Mucor* n'est qu'une modification secondaire de celle qu'elle affecte chez les *Pilobolus*, et toutes deux appartiennent au système régulier. Aussi n'est-il pas étonnant que l'on aperçoive quelquefois chez certaines espèces de *Mucor*, notamment dans le *Mucor plasmaticus* dont il sera question tout à l'heure, quelques octaèdres parmi la masse des cristalloïdes tabulaires. J'ai même rencontré une espèce nouvelle de ce genre, remarquable à d'autres égards, où tous les cristalloïdes sont octaédriques comme dans les *Pilobolus*, et se maintiennent tels dans les générations successives obtenues par la culture.

---

(1) Müntz, *De la matière sucrée contenue dans les Champignons* (*Comptes rendus*, t. LXXIX, p. 1182, 23 novembre 1874).

(2) Klein, *loc. cit.*, p. 337.

C'est entre ces deux formes, l'octaèdre régulier et la table triangulaire tronquée qui en dérive, que les cristalloïdes se partagent dans tous les genres de Mucorinées où j'en ai constaté l'existence. On les rencontre quelquefois toutes les deux dans la même espèce, mais en général l'une d'elles prédomine de beaucoup sur l'autre ou même est seule réalisée. Ils sont octaédriques comme dans les *Pilobolus*, dans les *Phycomyces nitens*, *Spinellus fusiger*, *Sporodinia grandis* et *Rhizopus nigricans*. Dans les *Phycomyces*, on les trouve souvent aplatis en forme de losanges plus ou moins incomplets et soudés entre eux de manière à former des amas ou des plaques assez larges. Ce sont au contraire des tables triangulaires tronquées, comme chez les *Mucor*, dans les *Thamnidium elegans*, *Helicostylum elegans*, *Chætostylum Fresenii*. Dans les *Chætocladium*, où ils sont très-petits, je les ai vus tantôt en tables triangulaires tronquées, tantôt en octaèdres. Le *Pilaira Cesatii*, intermédiaire à plusieurs égards entre les *Pilobolus* et les *Mucor*, offre dans le même tube les deux formes à la fois et à peu près en égale proportion (fig. 5). Dans les *Mortierella*, ils sont rares et petits; j'en ai vu cependant de tabulaires dans le *M. polycephala*, et d'octaédriques dans les *M. tuberosa* et *pilulifera*. Après bien des recherches infructueuses, j'en ai aperçu quelques-uns, extrêmement petits, dans le *Piptocephalis arrhiza;* ce sont des octaèdres, souvent aplatis en tables carrées ou rhombiques. Jusqu'à présent je n'ai pas réussi à en voir de bien nettement caractérisés dans les *Syncephalis*.

S'ils atteignent de grandes dimensions dans les *Pilobolus* et les *Mucor*, ils sont assez petits dans la plupart des autres genres pour qu'il faille de forts grossissements et quelque attention pour les apercevoir ; ils ne dépassent quelquefois pas $0^{mm},001$ à $0^{mm},002$. En outre, leur faible réfringence, la pâleur de leurs contours et leur minceur s'ils sont tabulaires et vus de face, sont autant de causes qui leur permettent d'échapper à l'attention d'un observateur non prévenu (1).

A partir du moment où nous venons de le considérer, le tube sporangifère perd peu à peu son protoplasma pariétal, mais les cristalloïdes y demeurent inaltérés, et on les y retrouve quand le tube ne renferme plus qu'un liquide cellulaire hyalin. Mais ensuite ils diminuent de nombre et disparaissent complétement, en se redissolvant dans le suc cellulaire et en alimentant les derniers phénomènes de combustion dont la plante est le siége avant de mourir tout à fait.

Le tube sporangifère, c'est-à-dire l'appareil asexué, n'est pas d'ailleurs la seule partie de la plante qui produise et renferme des cristalloïdes de mucorine. Il s'en forme aussi dans l'appareil sexué, qui produit l'œuf ou zygospore par voie de fécondation égale ou de conjugaison. En suivant la formation des zygospores dans les *Mucor Mucedo*, *Phycomyces nitens*, *Spinellus fusiger*, *Rhizopus nigricans* et *Sporodinia grandis*, j'ai toujours vu, au-dessous des cloisons qui séparent les deux cellules conjuguées, dans les renflements des tubes qui portent la zygospore, se déposer des cristalloïdes, octaédriques dans les trois derniers genres, en tables triangulaires tronquées dans le premier, c'est-à-dire de même forme que ceux des tubes sporangifères de l'espèce considérée (fig. 44 et 45). Ici, comme dans l'appareil asexué, ils proviennent d'un départ opéré dans le protoplasma général qui afflue dans les rameaux renflés pour former la zygospore d'abord, pour la nourrir ensuite. Les corps protoplasmiques oogènes qui remplissent d'abord les deux cellules conjuguées, ainsi que le corps protoplasmique de l'œuf ou zygospore qui provient un peu plus tard de leur pénétration réciproque, en sont totalement dépourvus. Ces cristalloïdes disparaissent peu à peu des renflements, à mesure que ces derniers vieillissent.

---

(1) Tous ces caractères empêcheront de confondre les cristalloïdes de mucorine avec les vrais cristaux d'oxalate de chaux que l'on rencontre souvent dans les tubes sporangifères des Pilobolées et des Mucorées, sous forme de prismes isolés ou de corps renflés aux deux bouts et étranglés au milieu, ces derniers étant assez souvent mâclés en croix. Nichés dans le protoplasma pariétal, ces cristaux sont brillants, ont les arêtes vives, le contour sombre et sont biréfringents.

Quand la zygospore germe, il s'opère dans son protoplasma un travail chimique intérieur qui se traduit, au fur et à mesure que le tube sporangifère s'allonge, par une formation nouvelle de cristalloïdes en tables triangulaires tronquées dans le *Mucor Mucedo*, octaédriques dans les *Phycomyces nitens*, *Sporodinia grandis* et *Spinellus fusiger*, et par le développement simultané et corrélatif d'une quantité correspondante de protoplasma sporigène. Ce dernier gagnant sans cesse le haut du tube, s'accumule dans le renflement terminal et se sépare finalement par une cloison de la mucorine et du protoplasma général demeuré en excès avec elle dans le filament, substances qui disparaissent bientôt toutes les deux en ne laissant à leur place qu'un liquide hyalin.

J'ai plusieurs fois rencontré des cristalloïdes dans les tubes mycéliens, mais seulement au voisinage de l'insertion des filaments sporangifères ou des rameaux renflés qui forment les zygospores. Ailleurs, le mycélium n'en possède pas. Je n'en ai même jamais aperçu au voisinage des chlamydospores, quand les tubes mycéliens en produisent. Les chlamydospores paraissent donc résulter d'une condensation locale et d'une mise en réserve du protoplasma général *tout entier*, et sous ce rapport elles diffèrent à la fois des sporangiospores et des zygospores.

L'existence de cristalloïdes dans la classe des Champignons n'a été signalée jusqu'ici que dans les seuls *Pilobolus*, et encore n'est-ce que tout récemment, grâce aux observations de

M. Klein (1). Par ce qui précède, on voit maintenant que la formation d'une substance albuminoïde déterminée, cristallisant de cette manière, la mucorine, est un phénomène général dans la famille des Mucorinées, et que ce phénomène y est lié aux fonctions de reproduction. Le moment de la reproduction venu, en effet, que celle-ci s'opère par voie simple et asexuée, ou par voie double et sexuée, en d'autres termes qu'elle aboutisse à la formation de spores ou à la production d'un œuf, ce qui dépend de causes extérieures encore assez peu connues, le protoplasma général formé dans le mycélium, le protoplasma végétatif, afflue vers l'appareil reproducteur, et tandis qu'une partie en est employée à former et à entretenir cet appareil, une autre portion en est consacrée à la formation proprement dite des corps reproducteurs. A cet effet, elle subit dans la région inférieure de l'appareil, dans l'antichambre pour ainsi dire, une première transformation, qui est un dédoublement. Il s'en sépare une matière albuminoïde spéciale, inutile ou nuisible à la formation des corps reproducteurs, et qui cristallise sur place; ce sont les cristalloïdes de mucorine. Le reste, ainsi épuré, gagne seul le sommet de l'appareil et s'y retranche à l'abri d'une cloison, de manière à former la cellule mère des corps reproducteurs, sporange ou cellule copulatrice. Nous l'y suivrons tout à l'heure. Bornons-nous pour le moment à constater que la mucorine a tous les caractères d'une substance éliminée, et elle est éliminée parce qu'elle est de trop dans la formation du protoplasma sporigène. Étant insoluble dans le suc cellulaire comme dans l'eau, elle y cristallise avec des caractères spéciaux, et devient perceptible à nos sens; mais bien d'autres substances sont sans doute éliminées avec elle et au même titre, qui, étant solubles dans le suc cellulaire, nous échappent. Il y a notamment élimination d'acide oxalique dans les plantes de la tribu des Pilobolées et de la tribu des Mucorées, et ce corps combiné à la chaux se dépose, comme nous l'avons dit, soit dans le suc cellulaire sous forme de prismes, soit dans l'épaisseur de la membrane du tube qu'il hérisse de nombreux granules.

---

(1) Klein, *Zur Kentniss des* Pilobolus (*loc. cit.*, p. 337).

C'est ce caractère de produit d'élimination qui explique pourquoi le nombre des cristalloïdes varie beaucoup d'un tube à l'autre de la même espèce, certains en étant presque dépourvus quand les autres en sont pour ainsi dire bourrés. Cela dépend évidemment de la composition locale du protoplasma végétatif, et par conséquent de celle du milieu nutritif où végète le mycélium. Ce caractère fait comprendre aussi qu'à égalité de milieu nutritif tous les genres ne produisent pas, tant s'en faut, une égale quantité de cristalloïdes. Sous ce rapport il paraît y avoir une certaine relation entre l'élimination de la mucorine et la sécrétion de l'acide oxalique, en tant du moins qu'elle est attestée par le dépôt d'oxalate de chaux. Où celle-ci est la plus grande, comme dans le tube des Pilobolées et des Mucorées, les cristalloïdes sont aussi les plus gros et les plus nombreux ; où elle est sensiblement nulle, comme dans les Mortiérellées et les Syncéphalidées, les cristalloïdes sont très-rares et très-petits.

C'est un tout autre rôle, on le sait, que sont appelées à jouer les matières albuminoïdes, sans doute elles-mêmes de nature diverse, qui constituent ce qu'on appelle aussi les cristalloïdes des Phanérogames. A part le seul *Lathræa squammaria* qui doit être mis de côté comme étant parasite, les cristalloïdes se forment, en effet, chez les Phanérogames, dans les graines et les tubercules ; ils y constituent une réserve de matières albuminoïdes spéciales, destinées à être réemployées plus tard au moment de la germination. Ce sont des aliments mis en dépôt pour les besoins ultérieurs, et non des produits d'une élimination particulière désormais inutiles à la plante.

Chez les Cryptogames autres que les Thallophytes, on n'a pas jusqu'ici rencontré de vrais cristalloïdes, ni comme matériaux de réserve et comparables à ceux des Phanérogames, ni comme produits d'élimination et analogues à la mucorine. Parmi les Thallophytes eux-mêmes, on n'en avait observé que dans quelques Algues du groupe des Floridées où leur mode de formation et leur rôle sont encore fort obscurs, et chez un Champignon, le *Pilobolus*, où M. Klein n'a fait que constater leur existence dans le tube sporangifère. On sait maintenant qu'ils appartiennent à toutes ou à presque toutes les Mucorinées et quel rôle ils y jouent. Mais sont-ce là les seuls Champignons qui possèdent des cristalloïdes, soit de mucorine, soit d'une matière différente remplissant une autre fonction? Je n'ai pas jusqu'à présent étudié à ce point de vue les Saprolégniées et les Péronosporées, mais par analogie avec les Mucorinées, dont ces deux groupes sont si voisins, on est porté à croire qu'on y rencontrera des cristalloïdes dans les tubes sporangifères ou sporifères, et dans les pédicelles des oogones. Parmi les autres Champignons, je n'en ai trouvé jusqu'ici que dans un seul Ascomycète (?) que je décrirai dans le dernier chapitre de ce mémoire sous le nom de *Dimargaris cristalligena*. On les y rencontre dans les diverses cellules qui composent le filament sporifère et ils ont la forme de tables carrées ou rhombiques; sans doute ils se rattachent encore à la forme octaédrique du système régulier (fig. 6). La présence de cristalloïdes dans cette plante s'explique d'ailleurs par son mode même de nutrition et par ce que nous venons d'apprendre des Mucorinées. Elle est, en effet, parasite sur le mycélium de diverses Mucorinées, et c'est à ce titre que nous serons amenés à l'étudier à la fin de ce travail.

Formation des spores. — Reprenons maintenant le protoplasma sporigène, lorsqu'après s'être débarrassé de la mucorine, il s'est retranché dans le sporange, au-dessus de la cloison, et voyons comment il y donne naissance aux spores.

Il y a deux cas à étudier, suivant que le sporange s'arrondit en une sphère où les spores prennent naissance à la fois dans toutes les directions autour du centre, ou qu'il s'allonge en une baguette où les spores ne se forment que suivant la longueur et en une seule rangée. Dans les deux cas, le nombre des spores pourra se réduire à l'unité, et cette circonstance méritera une mention spéciale.

La forme sphérique du sporange est réalisée dans trois des quatre tribus que l'on distingue dans la famille des Mucorinées, savoir chez les Pilobolées, les Mucorées et les Mortiérellées. Le protoplasma sporigène s'y sépare d'abord en deux substances très-différentes. La première, toujours granuleuse, se condense en petites portions polyédriques qui deviendront bientôt autant de spores; on peut donc l'appeler protoplasma sporaire. L'autre, homogène et brillante le plus souvent, sépare ces petites portions les unes des autres et semble former les parois d'autant de petites cellules qu'il y a de spores; c'est le protoplasma intersporaire. Bientôt les petites portions de protoplasma sporaire arrondissent leurs angles, prennent leur forme définitive, sécrètent une membrane de cellulose, et faisant plus tard disparaître leurs granules, acquièrent en définitive cette homogénéité et cette réfringence spéciale qui caractérisent les spores de la plupart des Mucorinées (1). Le protoplasma intersporaire se répartit en même temps de manière à occuper toujours tous les espaces laissés entre les spores et à former, entre la membrane du sporange et les spores périphériques, une couche plus ou moins mince.

Plus ou moins développé suivant les genres et les espèces que l'on étudie, mais assez abondant quelquefois pour égaler ou dépasser le volume occupé par les spores, le protoplasma intersporaire est en général, comme nous venons de le dire, dépourvu de granules. Cependant chez quelques espèces de *Mucor*, non-seulement il est très-abondant, mais étant pourvu de nombreux granules sombres et tenant en suspension de petites gouttelettes d'huile, il prend tout à fait l'aspect du protoplasma général de la plante. Je citerai en particulier, comme réalisant à un haut degré cette disposition, une grande espèce de *Mucor*, assez commune sur le crottin de cheval, et dont le filament sporangifère, simple comme celui du *Mucor Mucedo*, y atteint une hauteur de 7 à 8 centimètres. Je la désignerai, à cause de cette propriété, sous le nom de *Mucor plasmaticus*. Plus grand que celui du *Mucor Mucedo*, grisâtre et d'aspect mucilagineux, le gros sporange du *M. plasmaticus*, qui atteint un demi-millimètre et davantage, renferme un nombre considérable de grandes spores ovales allongées, quelquefois concaves d'un côté et comme réniformes, longues de 0^{mm},025 à 0^{mm},040, larges de 0^{mm},013 à 0^{mm},020, un peu plus grandes par conséquent que celles du *Phycomyces nitens*. Ces spores sont nichées, empâtées dans une masse considérable de protoplasma interstitiel, très-granuleux, assez sombre, contenant beaucoup de petites gouttelettes d'huile, mais dépourvu de cristalloïdes (1).

---

(1) Dans quelques genres seulement, les spores mûres conservent des granules; il sont colorés en jaune dans le *Pilobolus œdipus* et dans le *Phycomyces nitens*.

De ce qui précède, on conclut que les spores des Mucorinées à sporange sphérique sont produites dans le sporange par voie de formation libre et non par division. Leur genèse ressemble entièrement à celle des spores dans les asques polysporés de certains Ascomycètes. Mais en même temps les variations que l'on observe d'une espèce à l'autre dans la quantité du protoplasma intersporaire montrent qu'il n'y a peut-être pas, entre la formation libre et la division, une différence aussi importante qu'on l'admet généralement. Cette formation libre n'est pas, en général, précédée ou accompagnée du développement de noyaux. Dans les diverses espèces de *Mortierella* cependant, il est fréquent de voir un noyau sphérique occuper dès le début le centre de chaque petite masse de protoplasma sporaire et persister plus tard dans la spore. Mais, même chez ces plantes, ce phénomène est loin d'être constant dans une espèce donnée ; il offre par conséquent assez peu d'importance. On sait que des variations analogues s'observent chez les Pézizes.

Déjà signalée par quelques auteurs dans certains *Mucor*, cette matière intersporaire hyaline a été étudiée avec soin dans le *M. Mucedo* par M. Brefeld, qui a fait voir le rôle qu'elle joue sous l'influence de l'eau dans la dissémination des spores de la plante. Toutes les fois, en effet, que la membrane du sporange disparaît pendant la maturation des spores, soit totalement, comme dans les *Mortierella*, soit en laissant en place les granules ou aiguilles d'oxalate de chaux qui l'incrustaient, comme dans les *Mucor* et les genres voisins, si en même temps la matière intersporaire, notablement développée, persiste jusqu'à ce moment, et que l'eau intervienne dans le phénomène, comme cette matière est de consistance mucilagineuse et se gonfle beaucoup sous l'influence de l'eau, elle écarte les spores et facilite ainsi leur dissémination. Mais en dehors de l'intervention de l'eau, qui manque souvent dans les conditions naturelles, la présence du protoplasma interstitiel me paraît plutôt un obstacle qu'une aide à la chute des spores et à leur prompte dissociation. Agglutinées par lui en une masse compacte, les spores demeurent en effet, après la disparition de la membrane, retenues au sommet du filament sporangifère, et c'est seulement quand celui-ci vient heurter un corps solide, ou retombe sur le sol en s'affaissant, que le tas de spores s'en sépare pour se coller au corps étranger. J'ai vu souvent les tubes fructifères du *Mortierella tuberosa* demeurer ainsi pendant six semaines dressés dans l'atmosphère humide où ils avaient pris naissance, toujours terminés par une gouttelette laiteuse formée par les spores et le protoplasma intersporaire et dépourvue de membrane enveloppante. Pendant ce temps, beaucoup de spores avaient germé sur place et nourri leurs filaments aux dépens de la substance interstitielle. Sans cette substance, les spores seraient évidemment tombées de tous côtés sur le sol aussitôt après la résorption de la membrane du sporange.

---

(1) Pour achever de caractériser cette plante, il faut ajouter que dans les cultures cellulaires les spores, après avoir produit les tubes mycéliens, se divisent fréquemment en deux par une cloison médiane, et que la membrane du tube fructifère se colore directement en violet par la solution alcoolique d'iode.

Quand, au contraire, la membrane persiste autour des spores, et que le sporange indéhiscent tombe tout entier en rompant son pédicelle, comme cela se voit dans les sporangioles des *Thamnidium*, *Helicostylum* et *Chætostylum*, la matière intersporaire paraît être résorbée pendant ou après la maturation des spores. C'est alors par déchirure accidentelle, ou par destruction lente de la membrane, que celles-ci sont mises en liberté. Aussi les sporanges deviennent-ils alors de plus en plus petits, mais en revanche de plus en plus nombreux, et renferment-ils de moins en moins de spores (4, 3, 2 et jusqu'à une seule). La dissémination s'opère alors par les sporanges et non par les spores.

Ceci nous conduit à considérer le cas où il ne se fait qu'une seule spore dans le sporange sphérique, circonstance exceptionnellement réalisée dans les plus petits sporangioles de l'*Helicostylum*, fréquente dans ceux du *Thamnidium*, mais qui devient le fait constant et normal dans les *Chætocladium*. L'appareil fructifère développe alors, en des points très-voisins, un très-grand nombre de ces petits sporanges groupés. Entre un *Mucor* et un *Chætocladium* il y a, sous ce rapport, la même différence qu'entre un Pavot et une Renoncule. Le sporange du *Mucor* est une capsule multiséminée, celui du *Chætocladium* est un akène. Ici plus de matière intersporaire, naturellement; tout le protoplasma sporigène se condense en une seule spore sphérique, occupant tout le volume et si étroitement revêtue en général par la membrane persistante du sporange, que c'est bien plutôt à un caryopse qu'à un akène ordinaire que le fruit doit être comparé.

Aussi les divers auteurs qui ont étudié avant nous ce genre remarquable, MM. Berkeley et Broome, Fresenius, de Bary et Woronine, Brefeld, ont-ils pris ces sporangioles pour des spores nues et acrogènes, comme celles des *Botrytis*. Dans le *Chætocladium Jonesii*, il est facile cependant, avec un peu d'attention, de mettre en évidence la membrane propre du sporange, brune et incrustée de granules d'oxalate de chaux, et d'en faire sortir la spore lisse et bleuâtre qu'elle enveloppe. M. Fresenius a bien saisi ce contraste de couleur entre la spore et son enveloppe, mais il l'a mal interprété. « Le contenu de la spore, dit-il, est gris bleuâtre, et sa membrane forme autour de lui un anneau brun clair (1). » Ce qui est gris bleuâtre, c'est la spore tout entière y compris sa membrane, dépourvue de contour interne comme dans la plupart des autres Mucorinées; l'anneau brun clair et souvent granuleux, c'est le sporange. Dans le *Chætocladium Brefeldii*, dont les sporangioles sont moitié plus petits et ont leur membrane moitié plus mince et plus pâle, la chose est un peu plus délicate et exige un peu plus d'attention, mais n'est pas moins certaine. Si je reviens sur ce point, après y avoir insisté déjà dans notre premier mémoire, c'est qu'il ne paraît pas encore avoir été généralement admis en Allemagne (1) et que, au point de vue de la caractérisation générale de la famille des Mucorinées, il ne manque pas d'importance.

---

(1) Fresenius, *Beiträge zur Mykologie*, p. 98.

J'arrive maintenant au cas où le sporange est allongé en un cylindre étroit dans lequel les spores prennent naissance en une seule rangée; il en est ainsi dans la tribu des Syncéphalidées. Ces sporanges en forme de baguettes sont insérés en plus ou moins grand nombre sur l'extrémité renflée du tube principal ou d'une de ses ramifications. Ils y sont nés par voie de bourgeonnement et en sont séparés par une petite cloison basilaire. Ils sont simples (tous les *Piptocephalis* connus, *Syncephalis spherica*, *cornu*, *reflexa*) ou diversement ramifiés (*Syncephalis cordata*, *depressa*, *minima*, *ramosa*, etc.), mais toujours continus et produisant des spores dans toute leur étendue.

Quand ces sporanges ont acquis leur grandeur et leur forme définitives, le protoplasma dense et granuleux qui les remplit se sépare en deux substances différentes. L'une, granuleuse, se condense simultanément en un certain nombre de portions distinctes allongées suivant l'axe du tube, ayant leur plus grand diamètre à peine plus faible que le diamètre interne du sporange, et alignées en une série qui, suivant l'espèce et surtout suivant la vigueur de la plante, comprend jusqu'à quinze termes ou se réduit à deux et même à un seul; un peu plus tard elles se revêtent d'une membrane propre, deviennent homogènes, très-réfringentes et constituent autant de spores. L'autre substance, homogène et brillante, comme mucilagineuse, occupe les intervalles laissés d'une part entre les spores successives, d'autre part entre elles et la membrane du sporange; suivant la forme des spores, elle est donc plus ou moins développée. Si les spores sont des bâtonnets coupés carrément aux deux bouts, la matière intersporaire prend la forme de disques minces et brillants qui se confondent à la périphérie avec la très-mince couche superficielle et ont l'aspect de cloisons divisant le sporange en autant de cellules qu'il y a de spores (*Piptocephalis arrhiza*, *repens*, etc. ; *Syncephalis spherica*, *depressa*, etc.). Si les spores sont renflées au milieu en forme de tonneaux, ou sphériques, la matière intersporaire a déjà plus d'épaisseur vis-à-vis des disques de séparation (*Syncephalis cordata*, *cornu*, *tetrathela*, etc.). Enfin elle atteint son plus grand développement quand les spores, terminées en pointe aux deux bouts, sont fusiformes (*Piptocephalis fusispora*) ; toute apparence de cloisonnement cesse dans ce dernier cas (voy. pl. 3).

---

(1) A en juger du moins par les quelques lignes que renferme sur ce sujet la 4^e édition du *Traité de botanique* de M. J. Sachs, page 270.

A la maturité, la membrane mince et hyaline, peu ou point incrustée d'oxalate de chaux, disparaît complétement et chaque série de spores se détache tout entière dans la goutte d'eau que la plante sécrète à ce moment autour de chaque tête sporangifère ; elle forme un chapelet dont les articles sont tenus réunis par la matière intersporaire. Dans l'eau, cette matière se gonfle en se dissolvant lentement et les spores s'écartent l'une de l'autre en s'isolant ; ce phénomène de gonflement et de dissociation est surtout très-marqué dans le *Syncephalis spherica*. Très-nette pendant le développement des spores, la membrane du sporange se résorbe donc en général au moment de leur maturité et sans laisser de traces, comme cela a lieu dans la plupart des *Mortierella*. Mais elle ne disparaît pas toujours, et dans certaines espèces on peut facilement constater sa présence, même sur des fructifications âgées. Les *Syncephalis intermedia*, *ramosa* et *nodosa* sont particulièrement remarquables sous ce rapport. La membrane hyaline du sporange s'y résorbe souvent comme dans les autres espèces, mais fréquemment aussi elle persiste, durcit, se colore en jaune et devient alors très-facile à voir. Elle enveloppe le chapelet de spores sans les toucher, même à l'endroit de leur plus grande largeur ; mais elle en est surtout très-écartée, et d'autant plus nette par conséquent, en face des intervalles entre les spores, intervalles occupés naguère par la matière intersporaire qui paraît maintenant avoir disparu. En pressant sur le verre mince, on casse les sporanges et l'on arrive facilement à faire sortir les spores du doigt de gant qui les enveloppe et à observer ainsi cette membrane isolée.

Par cette circonstance et aussi par la plus grande dimension de leurs sporanges, les *Syncephalis*, et surtout certaines espèces de ce remarquable genre, se prêtent mieux que les *Piptocephalis* à l'étude de la membrane du sporange. Mais avec un peu plus d'attention on l'aperçoit aussi chez ces derniers; elle y est particulièrement nette dans le *P. fusispora*. C'est pour n'avoir connu que le *Piptocephalis* et seulement une espèce de ce genre, le *P. Freseniana*, que les auteurs qui nous ont précédés, MM. Fresenius, de Bary, Woronine et Brefeld y ont admis la formation exogène des spores. Pour eux, la baguette sporigène se cloisonne, et chaque cellule ainsi formée se désarticule simplement pour devenir directement une spore; les spores sont donc exogènes et disposées en chapelet à peu près comme dans les *Penicillium* ou dans les *Aspergillus*, avec cette différence toutefois que leur formation est simultanée. Si ces auteurs avaient connu et étudié les espèces à spores sphériques ou fusiformes, comme les *Piptocephalis sphærospora* et *fusispora*, s'ils avaient connu et étudié les *Syncephalis*, cette idée ne leur serait certainement pas venue à l'esprit, et ils auraient admis dès le début et sans difficulté ce que nous avons déjà démontré, M. G. Le Monnier et moi, dans notre premier mémoire, ce qui résultera avec plus d'évidence encore du présent travail, savoir que les Syncéphalidées, comme toutes les autres Mucorinées connues jusqu'ici, y compris les *Chætocladium*, forment leurs spores dans un sporange. Mais la forme spéciale de ce sporange assigne aux Syncéphalidées une place à part et en fait une tribu distincte, beaucoup plus voisiue cependant des *Mortierella* que de tous les autres genres de la famille.

Le sporange en doigt de gant peut produire, nous l'avons dit, une série de 12 à 15 spores; ce nombre varie toutefois, non-seulement suivant l'espèce, mais d'un échantillon à l'autre, suivant sa vigueur. J'ai rencontré cependant une petite espèce de *Piptocephalis* (*P. microcephala*) où régulièrement il se réduit à deux et même çà et là à l'unité. La membrane enveloppante n'en existe pas moins, comme elle existe aussi dans certains rameaux du sporange branchu du *Syncephalis ramosa*, assez courts pour ne produire qu'une spore dans leur intérieur.

En résumé, chez toutes les Mucorinées connues jusqu'ici, la formation des spores s'accomplit dans un sporange, et sauf le cas où, le sporange étant monosperme, le protoplasma sporigène s'y rajeunit tout entier en une seule et unique spore, elle est toujours accompagnée de la production d'un protoplasma interstitiel plus ou moins abondant, homogène le plus souvent, mais parfois granuleux. Elle se rattache donc à la genèse libre plutôt qu'à la division, et se rapproche ainsi de la formation des spores dans les asques des Ascomycètes. L'asque tubuleux des Ascoboles et des Pézizes n'est pas très-éloigné du sporange cylindrique des Syncéphalidées.

Après avoir traité dans ce premier chapitre quatre sujets généraux, savoir : le mouvement du protoplasma, sa cicatrisation et son cloisonnement, le dédoublement du protoplasma végétatif en cristalloïdes de mucorine et en protoplasma sporigène, enfin la séparation de ce dernier en spores et en matière intersporaire, nous allons passer maintenant à l'étude particulière des genres et des espèces.

Pour mettre de l'ordre dans notre exposition, remarquons de suite que, dans l'état actuel et encore très-imparfait de nos connaissances sur ce groupe de Champignons, les Mucorinées, famille de l'ordre des Phycomycètes, dont les caractères généraux ont été tracés dans notre premier mémoire (1), se divisent d'abord en deux sous-familles par un caractère important tiré de leur appareil végétatif. A son tour, chacune de ces sous-familles se partage ensuite en deux tribus, d'après la forme et la structure du sporange. L'appareil sexué est connu dans un trop petit nombre de genres pour qu'on puisse le faire intervenir encore dans cette division en quatre tribus, que résume le tableau suivant :

---

(1) *Loc. cit.*, p. 276-283.

MUCORINÉES	Mycélium non anastomosé. Pas de stylospores	Membrane du sporange cuticularisée, excepté suivant un anneau basilaire où elle difflue avec gonflement...	PILOBOLÉES.
		Membrane du sporange non cuticularisée, totalement diffluente sans gonflement ou indéhiscente.........	MUCORÉES.
	Mycélium anastomosé. Des stylospores....	Sporange sphérique......	MORTIÉRELLÉES.
		Sporange cylindrique.....	SYNCÉPHALIDÉES.

C'est dans cet ordre que je vais exposer maintenant, en quatre chapitres distincts, les résultats nouveaux auxquels je suis parvenu pour un certain nombre de genres de chacune de ces tribus, dont plusieurs n'ont pas été traités dans notre premier mémoire. Je laisse encore de côté pour aujourd'hui les nombreuses espèces du genre *Mucor*, dont l'étude et la caractérisation feront l'objet d'un mémoire spécial. Un sixième et dernier chapitre sera consacré à l'étude de quelques Champignons qui vivent en parasites sur les plantes de la famille des Mucorinées, mais qui n'appartiennent pas à ce groupe naturel.

II

TRIBU DES PILOBOLÉES.

Cette première tribu renferme les Mucorinées dont le mycélium, formé de gros tubes non anastomosés, ne produit pas de stylospores, et dont le sporange cuticularise sa membrane, excepté le long d'une zone circulaire située immédiatement au-dessus de sa cloison de base. Le long de cet anneau, la membrane se gonfle fortement sous l'influence de l'eau et se dissout ensuite. Le sporange se trouve dès lors circulairement ouvert à sa base et en même temps soulevé au-dessus de la cloison.

Les Pilobolées ne contiennent jusqu'à présent que deux genres, le genre ancien *Pilobolus* et le genre nouveau *Pilaira*.

PILOBOLUS Tode.

Pilobolus œdipus Montagne. — *Pilobolus crystallinus* Tode. — *Pilobolus roridus* Persoon (fig. 7-13).

Aucune Mucorinée n'a été aussi souvent étudiée que le *Pilobolus*. Depuis Baker (1744), qui a signalé la plante pour la première fois, depuis Tode (1784), qui en a fait une étude plus approfondie et qui lui a donné son nom, c'est à plus de trente que s'élève aujourd'hui le nombre des notices ou mémoires qui lui ont été consacrés. Parmi ces travaux, les plus considérables et les plus récents sont dus à MM. Cohn (1), Coemans (2) et Klein (3). Depuis la publication de la première partie de ce dernier travail, notamment, on peut regarder comme suffisamment connus le développement et les caractères du mycélium, la formation et la structure du tube fructifère, enfin le mode de déhiscence et de projection du sporange. Remarquons de suite que ces deux derniers phénomènes sont complétement indépendants l'un de l'autre, la déhiscence s'opérant sous l'eau sans projection, et la projection pouvant avoir lieu dans l'air sec sans déhiscence.

Mais par là on est bien loin de connaître encore complétement l'histoire biologique des diverses espèces de ce genre ou seulement d'une seule d'entre elles. On n'y a pas trouvé de zygospores. Les diverses chlamydospores et conidies que Coemans a attribuées au *P. œdipus*, ne lui appartiennent très-probablement pas, et de cette plante si commune on ne connaît jusqu'ici que l'appareil sporangifère. Chez le *P. crystallinus*, MM. Roze et Cornu (4) ont signalé des chlamydospores étoilées, formées, dans l'intérieur du milieu nutritif, au sommet de filaments spéciaux du mycélium, recourbés à leur sommet et cloisonnés. Leur membrane est épaisse et jaunâtre; la germination n'en a pas été observée. A diverses reprises j'ai recherché ces chlamydospores étoilées dans des cultures parfaitement pures et très-florissantes de *P. crystallinus* sur crottin bouilli; je n'ai pas réussi à les observer.

---

(1) Cohn, *Entwickelungsgeschichte des* Pilobolus crystallinus (*Nova acta*, t. XIII, p. 493, 1851).

(2) Coemans, *Monographie du genre* Pilobolus (*Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, t. XXX, 1861), et *Recherches sur le polymorphisme et les différents appareils de reproduction chez les Mucorinées*. Première partie : *Pilobolus œdipus* (*Bulletin de l'Acad. de Belgique*, 2^{e} série, t. XVI, p. 68, 1863).

(3) Klein, *Zur Kentniss des* Pilobolus. Première partie : *Entwickelung des* Pilobolus (*Jahrbücher für wiss. Botanik*, t. VIII, p. 306, 1872).

(4) *Bulletin de la Société botanique de France*, t. XVIII, p. 298, 1871.

C'est tout ce que l'on sait sur la reproduction de ces plantes, et je n'ai pas été sur ce point plus heureux que mes devanciers, tous mes efforts pour découvrir l'appareil sexué des *Pilobolus* étant demeurés jusqu'à présent sans résultat.

D'un autre côté, la délimitation des espèces et celle du genre lui-même ont été remises en question et résolues avec bien peu de bonheur par M. Klein, qui a consacré à ces deux sujets la seconde et la troisième partie de son mémoire (1). Sur ces deux points, tout au moins, les cultures en grand et les cultures cellulaires m'ont donné des résultats décisifs et entièrement opposés à ceux du botaniste allemand.

Pilobolus œdipus et *P. crystallinus.* — Coemans ne reconnaît dans ce genre que deux espèces certaines, le *Pilobolus crystallinus* Tode, et le *Pilobolus œdipus* Montagne. Mais en revanche il les regarde comme très-nettement caractérisées : la première, par ses tubes fructifères grêles et ses spores elliptiques, toutes d'égale dimension dans un même sporange, à épispore non distinct; la seconde, par ses tubes fructifères courts et trapus, et ses spores sphériques, de diamètre très-inégal dans un même sporange, plus grandes, à épispore distinct.

Pour M. Klein, ces deux espèces n'en font qu'une, à laquelle il conserve le nom de *P. crystallinus.* Il affirme, en effet, en semant sur du crottin de cheval bouilli les spores du *P. crystallinus*, avoir obtenu une plante possédant tous les caractères assignés par Coemans au *P. œdipus.* J'avoue que j'aurais été plus aisément convaincu si M. Klein avait au contraire dérivé par voie de culture le *P. crystallinus* du *P. œdipus.* Il y a, en effet, dans la faculté germinative des spores de ces deux plantes, une différence plus importante peut-être que dans leur forme et leur dimension. Les spores du *P. œdipus* germent de suite et très-facilement; l'eau pure, l'air humide même leur suffit, et elles se développent souvent à l'intérieur du sporange, sur le corps solide contre lequel il a été lancé et où il demeure attaché. Celles du *P. crystallinus*, au contraire, ne germent ni dans l'air humide, ni dans l'eau; même dans la décoction de crottin, elles germent difficilement; sur le crottin bouilli, elles se développent en général, mais il y a d'assez nombreux insuccès. Quoi d'étonnant dès lors que dans un laboratoire où l'on cultive simultanément le *P. œdipus*, si l'on ne prend pas les précautions nécessaires pour éviter l'introduction des spores étrangères, on puisse obtenir, sur du crottin bouilli où l'on n'a semé que des spores de *P. crystallinus*, une récolte de *P. œdipus*? Les spores semées n'ont alors pas germé, mais il s'est introduit dans le milieu ensemencé une ou quelques spores de *P. œdipus*, qui se développant de suite ont donné une récolte abondante. C'est ce qui m'est arrivé plusieurs fois; c'est peut-être, à son insu, ce qui est arrivé aussi à M. Klein. Il se peut encore que les spores semées par lui appartinssent déjà à un sporange de *P. œdipus* mélangé au *P. crystallinus* dans la première culture. Quelle qu'en soit la cause, d'ailleurs, l'erreur me paraît certaine. J'ai réalisé, en effet, de nombreuses cultures de ces deux espèces, tant en grand sur crottin bouilli, qu'en cellule sur décoction de crottin, en m'attachant à éviter absolument le mélange des spores. Elles s'y sont toujours maintenues avec leurs caractères propres.

---

(1) Deuxième partie : *Formen des* Pilobolus (*loc. cit.*, p. 343); troisième partie : *Pleomorphie des* Pilobolus (*loc. cit.*, p. 362).

Toutes les fois que j'ai placé dans une goutte de décoction en cellule *une* spore de *Pilobolus œdipus*, *une* spore de *P. crystallinus*, j'ai toujours vu apparaître sur le mycélium les fructifications caractéristiques du *P. œdipus* dans le premier cas, du *P. crystallinus* dans le second. Seulement, tandis que les semis cellulaires de *P. œdipus* réussissent toujours, ceux du *P. crystallinus* échouent souvent.

Je cite au hasard une de ces cultures.

Le 3 décembre 1872, la température étant de 10 degrés, une spore de *P. œdipus* est semée en cellule dans une goutte de décoction de crottin de cheval. Le lendemain elle a grossi et poussé trois tubes rayonnants; ces tubes s'allongent les jours suivants et se ramifient en un beau mycélium où le mouvement du protoplasma s'observe avec une admirable netteté, grâce à la dimension des granules et à leur couleur orangée. Les branches mycéliennes principales portent des rameaux de deux sortes : les uns courts, simples et renflés en massue, les autres longs, rameux et de plus en plus grêles. Ces derniers se séparent du tube principal par une cloison et sont incolores. Le 12 décembre, trois fructifications apparaissent, et le 16 elles sont mûres. L'un des tubes fructifères s'est allongé horizontalement dans le liquide nutritif et le sporange lui-même y est plongé. Aussi ce tube ne se renfle-t-il pas au-dessous du sporange, et ce dernier n'est-il pas projeté. Il s'ouvre cependant par le gonflement et la déliquescence de l'anneau basilaire, qui, écartant légèrement la calotte noire, permet aux spores sphériques et orangées de s'échapper par l'ouverture circulaire. Les deux autres filaments se dressent dans l'air et possèdent la structure normale; mais tandis que le premier insère, comme d'habitude, son renflement basilaire sur le sommet élargi d'une branche mycélienne, le second a le sien attaché de chaque côté à une pareille branche renflée. Dans ces cultures cellulaires, et cela aussi bien sur le *P. crystallinus* que sur le *P. œdipus*, j'ai vu plusieurs fois le tube fructifère se développer ainsi aux dépens d'une grosse cellule intercalaire, formée sur le trajet d'un filament mycélien renflé dans son voisinage, et dont elle est séparée de chaque côté par une cloison. Cette observation nous servira tout à l'heure.

Je ne puis donc admettre que ces deux plantes passent l'une dans l'autre par voie de culture, et qu'elles ne sont que deux formes d'une seule et même espèce. Quand on la réalise dans les conditions exigées pour qu'elle soit probante, la culture montre, au contraire, qu'elles constituent deux espèces nettement distinctes, notamment par la forme, la dimension et la faculté germinative des spores.

Pilobolus roridus (fig. 7-13). — Pendant qu'il réunissait ainsi et confondait les deux espèces anciennes, M. Klein en rencontrait une autre, spontanée sur le crottin de cheval; il l'étudiait avec soin, sans réussir toutefois à la cultiver, et, la croyant nouvelle, il la nommait, en raison de la petitesse de ses spores, *P. microsporus*. Ayant de mon côté trouvé cette plante, et à plusieurs reprises, sur des excréments de lapin, l'ayant ensuite abondamment cultivée, j'ai pu vérifier la plupart des caractères que M. Klein lui a assignés et qui en font certainement une espèce distincte des deux précédentes, plus voisine cependant, par la forme élancée de son tube fructifère et par la forme ovale de ses spores, du *P. crystallinus* que du *P. œdipus*.

Mais en même temps j'ai pu me convaincre de l'identité de cette plante avec le *Mucor roridus* décrit par Bolton en 1788 (1) et dont l'existence est encore contestée aujourd'hui. Persoon, qui le classe à côté du *Pilobolus crystallinus* sous le nom de *P. roridus*, doute, en effet, de son autonomie et, après avoir reproduit les caractères donnés par Bolton, il ajoute « Ulterius examinari meretur an genuina species sit, necne » (2). Fries l'admet, il est vrai, comme espèce distincte (3). Mais Coemans, le monographe du genre, n'a pu l'observer, ni vivant, ni en herbier, et de l'ensemble des descriptions et citations des auteurs il conclut : « Sans être une espèce qu'on puisse positivement rejeter, le *Pilobolus roridus* est néanmoins une plante des plus incertaines » (4). On verra par ce qui va suivre que le *P. roridus* est, au contraire, une espèce des plus certaines, des plus nettement caractérisées et qui doit définitivement prendre rang dans la science (5). Tout d'abord c'est à elle, comme nous venons de le dire, qu'il faut rapporter la description et les figures données par M. Klein pour son *P. microsporus*.

---

(1) Bolton, *History of Funguses*, III, p. 132, 1788.

(2) Persoon, *Synopsis fung*, p. 117, 1801.

(3) Fries, *Systema myc.* III, p. 312, 1829.

(4) Coemans, *Monographie du genre* Pilobolus, *loc. cit.*, p. 61, 1861.

(5) Il ne faut pas oublier toutefois que le nom de *P. roridus* a été inexactement appliqué par MM. Léveillé (1826), Bischoff et Currey (1857), à une simple forme du *P. crystallinus*.

Complètement incolore, le filament fructifère du *P. roridus* est plus grand et surtout plus délicat que celui du *P. crystallinus;* il atteint souvent 1 centimètre et quelquefois jusqu'à 2 centimètres de longueur. Enfoncé dans le milieu nutritif par son renflement inférieur, ce tube grêle et cylindrique passe brusquement, par un angle presque droit, au renflement supérieur. Largement ovale ou même à peu près sphérique, celui-ci est couronné par un sporange noir relativement très-petit et surbaissé qui, suivant l'heureuse expression de Bolton, le fait ressembler à un œil en miniature (1). C'est au niveau de ce brusque passage, tout à fait caractéristique pour l'espèce, que se trouve rassemblé le peu de protoplasma orangé que le filament contient encore à sa maturité; c'est un peu au-dessous de ce point que le tube s'infléchit souvent, sous l'influence de la lumière et sous le poids du renflement globuleux (fig. 7 et 8).

A la forme du filament fructifère, à sa parfaite blancheur et à la petitesse du sporange qui le termine, on reconnaîtra donc au premier coup d'œil le *P. roridus*, et on le distinguera immédiatement du *P. crystallinus* et à plus forte raison du *P. œdipus*. Sans doute à cause du plus grand accroissement intercalaire du filament et de la plus grande délicatesse de sa membrane, les gouttelettes d'eau qu'il sécrète sont plus nombreuses, plus fines et plus serrées que dans les autres espèces, et elles couvrent sa surface d'une rosée légère qui a valu à la plante sa dénomination spécifique.

Colorée en noir bleu dans toute son étendue, excepté le long d'une bande annulaire située au-dessus du cercle de déhiscence, la membrane du sporange est lisse, seulement hérissée de très-fines aiguilles d'oxalate de chaux (fig. 8). La columelle, renflée en voûte aplatie, est elle-même colorée faiblement en noir bleuâtre (fig. 9). Les spores, ovales allongées, isolément incolores, mais légèrement jaunâtres vues en masse, sont très-petites, mesurant seulement $0^{mm},003$ à $0^{mm},004$ de large sur $0^{mm},006$ à $0^{mm},008$ de long (fig. 10); elles diffèrent donc beaucoup de celles des deux autres espèces, et c'est de leur petitesse que M. Klein avait tiré le nom spécifique *P. microsporus*, qui ne peut pas subsister.

---

(1) Aussi Bolton donne-t-il à cette plante le nom vulgaire de *moisissure œillée* « eyed mould ».

Tels sont les caractères principaux qui distinguent cette espèce à la fois du *P. crystallinus* et du *P. œdipus*, avec lesquels elle partage toutefois beaucoup d'autres propriétés : le renflement inférieur et supérieur du tube, la formation dans son intérieur de cristalloïdes octaédriques à faces souvent concaves (fig. 1) et de cristaux d'oxalate de chaux, le mode de déhiscence et de projection du sporange (fig. 9), etc.

A ces caractères différentiels, M. Klein a cru pouvoir en ajouter un autre tiré du mode d'insertion du filament sporangifère sur le mycélium. Le renflement inférieur du tube, plongé dans le milieu nutritif, y serait en effet, d'après cet observateur, toujours attaché latéralement à deux filaments mycéliens renflés en cône, « comme une zygospore entre ses deux suspenseurs »; en d'autres termes, la cellule spéciale qui produit le tube serait toujours intercalaire ici, tandis qu'elle est toujours terminale dans les deux autres espèces. Mes observations ne me permettent pas d'admettre l'entière généralité et la parfaite constance de ce caractère.

Ainsi, ayant une fois isolé avec soin les bases de dix filaments sporangifères de *P. roridus*, j'en ai trouvé trois portés directement sur le sommet élargi d'une branche mycélienne, comme c'est le fait normal dans les autres espèces (fig. 8); un quatrième présentait sur son renflement, à l'opposite de cette première attache, un rameau grêle, non séparé par une cloison et évidemment de formation ultérieure, comme cela se voit aussi quelquefois dans le *P. œdipus*. Trois autres offraient, à la suite l'une de l'autre sur le sommet renflé du tube mycélien, deux grosses cellules, développées en deux tubes fructifères parallèles; le tube terminal s'accroît et mûrit le premier; l'autre, dont la base est intercalée entre celle du premier et le renflement conique du filament mycélien, s'allonge ensuite (fig. 12). Enfin les trois derniers seulement avaient leur renflement inférieur attaché latéralement à deux filaments mycéliens renflés en cône et possédaient ainsi le caractère signalé par M. Klein (fig. 13). Mais souvenons-nous que dans les cultures cellulaires de *P. œdipus* et *crystallinus*, il n'est pas très-rare de rencontrer précisément cette disposition intercalaire de la cellule primitive et plus tard du renflement inférieur du tube fructifère.

Ainsi donc, tout en étant beaucoup plus fréquente chez le *P. roridus* que dans les deux autres espèces, la production intercalaire du filament fructifère, et la double attache qui en est la conséquence, ne constituent pas un caractère constant et exclusif, qui puisse entrer dans la définition de l'espèce. Maintes fois, en effet, la cellule fructifère est simplement terminale; mais ce qu'il est intéressant de remarquer, c'est que souvent aussi il y a deux cellules fructifères terminales à la suite l'une de l'autre. Les tubes sporangifères sont alors groupés deux par deux au sommet renflé du filament mycélien, ce que je n'ai observé jusqu'ici dans aucune des deux autres espèces.

M. Klein n'a pas obtenu la germination des spores de son *P. microsporus*. J'ai été plus heureux et j'ai pu cultiver cette remarquable espèce à l'état de pureté parfaite, tant en grand qu'en cellule.

Semées en grand sur du crottin de cheval bouilli, les spores du *P. roridus* germent immédiatement et le sixième jour les fructifications commencent à paraître. Bien que les spores soient incolores, le protoplasma qui remplit à ce moment les tubes mycéliens, les jeunes filaments fructifères non encore renflés au sommet, enfin les jeunes sporanges, est d'un beau jaune orangé. Le septième jour les tubes sporangifères mûrs, devenus parfaitement blancs, hauts d'environ 8 millimètres, couvrent la culture d'un gazon serré, et les renflements globuleux qui les terminent sont infléchis horizontalement sur la lumière. Beaucoup ont déjà lancé leur petit sporange noir, mais à mesure qu'ils se flétrissent, il s'en forme de nouveaux pour les remplacer, de sorte que pendant deux ou trois jours la culture conserve son aspect primitif. Comme les filaments fructifères, les tubes mycéliens sont beaucoup plus délicats et plus fugaces que dans les autres espèces; j'y ai vainement cherché soit des chlamydospores, soit des zygospores.

Semée en cellule dans une goutte de décoction de crottin, une spore de *P. roridus* se gonfle d'abord de manière à devenir sphérique et à acquérir un diamètre d'environ $0^{mm},020$, triple de la longueur primitive, après quoi seulement elle pousse plusieurs gros tubes rayonnants (fig. 11), bientôt ramifiés. Comme celui des autres espèces, le protoplasma des tubes principaux est fortement coloré en jaune orangé, et les granules y sont aussi en continuel mouvement Du cinquième au sixième jour après le semis, les fructifications apparaissent, au nombre de quatre à six ordinairement pour chaque mycélium simple issu d'une spore primitive, et bientôt elles achèvent leur développement normal. Dans ces cultures cellulaires, le tube sporangifère prend toujours ou presque toujours naissance sur le trajet d'un filament mycélien renflé (fig. 13). Il se forme quelquefois au point même où ce dernier se ramifie et tient alors à trois filaments différents. Nous avons vu plus haut que dans les grandes cultures le mode d'insertion est tantôt terminal, tantôt intercalaire.

En résumé, le genre *Pilobolus* comprend aujourd'hui trois espèces, nettement séparées par l'ensemble de leurs caractères et que la culture maintient telles, toutes les fois qu'elle est faite avec les précautions nécessaires pour éviter le mélange des spores. Ce sont, dans l'ordre des affinités naturelles, le *P. œdipus* Montagne, le *P. crystallinus* Tode, et le *P. roridus* Persoon.

Ainsi composé, le genre *Pilobolus* se distingue par deux caractères, non-seulement du genre *Mucor*, mais encore de tous les genres voisins qui forment avec les *Mucor* la tribu des Mucorées, et ces deux caractères sont indépendants. 1° La membrane du sporange se cuticularise dans toute son étendue, excepté suivant une zone circulaire située immédiatement au-dessus de l'insertion de la columelle ; la déhiscence s'opère le long de cet anneau par le gonflement et la liquéfaction de la membrane. 2° Le sporange ainsi ouvert est projeté dans l'air ; la projection a lieu par la brusque rupture de la membrane du filament sporangifère le long d'un cercle situé immédiatement au-dessous de l'insertion de la columelle ; cette rupture elle-même est causée par la pression croissante du liquide intérieur, laquelle exige pour se manifester une structure et une forme spéciales du filament sporangifère.

Mais cette délimitation si nette n'a pas été aperçue par M. Klein. Ce botaniste s'applique au contraire à montrer, dans la troisième partie de son mémoire (1), que les spores du *P. crystallinus*, ainsi que celles du *P. œdipus*, qu'il croit en avoir fait dériver comme nous l'avons vu plus haut, semées sur porte-objet dans du jus de pruneaux cuits, produisent des *Mucor*, et des *Mucor* d'espèces différentes. Nous nous sommes déjà expliqués sur cette prétendue transformation des *Pilobolus* en *Mucor* dans notre premier Mémoire (2), et l'erreur est trop palpable pour qu'il soit utile d'y revenir ici.

PILAIRA gen. nov.

Pilaira Cesatii (*Pilobolus anomalus* Cesati, *Ascophora Cesatii* Coemans) pl. 1, fig. 14-24. — *Pilaira nigrescens* sp. nov. (fig. 25-28).

Les deux caractères que nous venons d'assigner au genre *Pilobolus*, à savoir la déhiscence spéciale du sporange, déterminée par la structure même de cet organe, et sa projection, liée au contraire à la forme et à la structure du filament qui le porte, sont, avons-nous dit, indépendants l'un de l'autre. On conçoit donc que le premier puisse exister sans le second, et c'est précisément ce qui a lieu dans le genre nouveau que nous allons étudier maintenant. Le sporange y possède la même structure, et par conséquent le même mode de déhiscence que chez les *Pilobolus ;* mais il n'est pas projeté dans l'atmosphère, et à cette absence de projection correspond naturellement l'absence de la structure et de la forme si caractéristiques du filament sporangifère qui déterminent ce phénomène chez les *Pilobolus*.

Cylindrique dans toute son étendue et dépourvu de cloison basilaire, le tube fructifère de ces plantes s'allonge en effet beaucoup, comme dans les grands *Mucor*, élève son sporange à une hauteur qui peut aller à 10 et jusqu'à 12 centimètres, et le colle par son anneau gélatineux à quelque corps étranger, dès qu'il a commencé à s'ouvrir ; après quoi, épuisé par ce grand accroissement, il se fane et disparaît. Il soulève donc lentement son sporange jusqu'à la hauteur où il doit rester fixé, au lieu de l'y lancer brusquement. Le mécanisme est différent, mais au point de vue de la dissémination des corps reproducteurs le résultat définitif est le même. Il est le même aussi au point de vue du tube fructifère qui, dans les deux cas, retombe épuisé par l'effort et disparaît promptement. C'est de cette faculté de soulever son sporange au lieu de le projeter que j'ai tiré le nom générique *Pilaira* (1), par opposition à celui de *Pilobolus*.

---

(1) *Pléomorphie des* Pilobolus (*loc. cit.*, p. 362).

(2) *Loc. cit.*, p. 271 et suiv.

J'ai rencontré deux espèces distinctes de *Pilaira* : 1° le *P. Cesatii*, à spores ovales et à columelle incolore, sur le crottin de cheval et d'âne, sur les excréments de lapin ; il paraît commun ; 2° le *P. nigrescens*, à spores sphériques et à columelle noirâtre, sur ce dernier substratum ; il semble rare, je ne l'ai trouvé qu'une seule fois spontané. C'est surtout le *P. Cesatii* que j'ai étudié depuis et qui a fait l'objet de mes cultures en grand et de mes semis cellulaires.

Pilaira Cesatii (pl. I, fig. 14-24). — Cultivée en grand sur du crottin de cheval bouilli placé sous cloche, cette plante a tout d'abord l'aspect d'un *Mucor*. Ses tubes sporangifères, très-grêles et parfaitement cylindriques dans toute leur étendue, se terminent déjà par un petit sporange d'abord jaune, puis noir, quand ils n'ont encore que 1 ou 2 centimètres de hauteur, ils sont alors assez rigides et s'infléchissent énergiquement vers la lumière. Mais bientôt ils subissent un rapide accroissement intercalaire qui leur donne le plus souvent 8, quelquefois 10 et jusqu'à 12 centimètres de longueur ; en même temps, trop frêles pour se soutenir, ils deviennent flexueux, tortillés sur eux-mêmes, comme frisés, et leur sommet s'incline vers le sol sous le poids du sporange (fig. 14). Par cet aspect, la plante se distingue alors facilement des grands *Mucor*, comme les *M. Mucedo, plasmaticus*, etc., auxquels on la rencontre souvent mélangée dans la nature.

---

(1) De πῖλος, chapeau, et αἴρω, je soulève.

Les tubes qui trouvent à s'appuyer contre la cloche pendant leur allongement, grimpent en ondulant le long de la paroi humide, sur laquelle leurs sporanges se fixent à diverses hauteurs, comme nous l'expliquerons tout à l'heure. Ce sont ceux qui atteignent la longueur la plus grande ; vu leur extrême délicatesse, ils se résorbent et disparaissent promptement. Les autres, déjà tout chiffonnés et enchevêtrés dans leur région supérieure, se rabattent de plus en plus, en ramenant leurs sporanges à la surface du sol, où ils se fixent à tous les corps solides qu'ils rencontrent ; après quoi ils disparaissent à leur tour complétement. De la culture, il ne reste donc plus, après peu de jours, que de nombreux sporanges ouverts, fixés çà et là à des corps solides, soit dans l'air, soit sur le sol. Semée ainsi sur du crottin bouilli, la plante y achève son développement dans l'espace de trois jours.

Étudions maintenant de plus près un de ces tubes sporangifères. Il s'insère directement sur un tube mycélien ordinaire dont il n'est qu'une branche dressée ou une extrémité relevée. Il n'y a ni renflement à la base, ni cloison séparant le tube fructifère du filament mycélien, deux caractères qui éloignent aussitôt le *Pilaira* du *Pilobolus* en le rapprochant des Mucorinées, et qui sont d'ailleurs en rapport avec l'absence de projection. Quand il a déjà formé son sporange, sans avoir subi encore son élongation, le tube fructifère possède dans sa membrane hyaline un protoplasma pariétal incolore ou teinté çà et là par quelques granules jaunes, et l'on y observe nettement le mouvement circulatoire. Dans le liquide cellulaire nagent en même temps un assez grand nombre de petits cristalloïdes de deux formes, les uns octaédriques, comme dans les *Pilobolus*, les autres, et c'est souvent le plus grand nombre, en tables triangulaires tronquées, forme habituelle chez les *Mucor*, mais qui ne se rencontre pas chez les *Pilobolus*. On y voit en outre des corps blancs, allongés et étranglés au milieu (fig. 5). Plus tard, après l'élongation, le tube ne renferme plus qu'un liquide hyalin où nagent des cristalloïdes de moins en moins nombreux et qui disparaissent finalement tout à fait. En même temps sa membrane hyaline s'est extrêmement amincie, et à cause de cette ténuité même, elle est toute plissée. Le tube est prêt alors à se friser et à se rabattre sous le moindre souffle, ou à se détruire sous la plus faible influence.

Au moment où il se forme par l'accumulation d'un protoplasma jaunâtre au sommet du tube, le renflement terminal est sphérique, et le tube est et demeure parfaitement cylindrique jusqu'à l'insertion de cette sphère, nouvelle différence avec les *Pilobolus*. La cloison qui vient séparer bientôt le sporange d'avec le filament, se développe à l'intérieur de la sphère terminale, vers sa base. Elle est bombée sur ses bords et aplatie au milieu, de manière à former un plateau circulaire légèrement convexe ; c'est ce plateau qui est la columelle (fig. 15). Dans toute l'étendue de la sphère, aussi bien au-dessous qu'au-dessus de la columelle, la membrane, d'abord incolore, s'incruste de granules ou se hérisse de fines aiguilles d'oxalate de chaux. En même temps elle se colore en noir bleu ou violacé, à l'exception d'une zone annulaire, située au dessus du cercle d'insertion de la columelle : toute la portion de surface sphérique située au-dessous de la columelle, et la columelle elle-même demeurent également incolores. La coloration noir bleu est en général uniformément répartie ; mais dans plusieurs circonstances j'y ai vu de nombreuses petites aréoles ovales, où la membrane est très-faiblement colorée, ou même tout à fait blanche. Une pareille discontinuité s'observe aussi quelquefois chez les *Pilobolus*. J'ai vu dans certaines conditions la calotte noire du *P. œdipus* marquée d'un réseau blanc à mailles hexagonales très-régulières, et Coemans a aperçu la même disposition dans le *P. crystallinus* (*loc. cit.*, p. 23). Mais ces dessins ne sont nullement constants, et leur apparition est liée à des conditions physico-chimiques encore inconnues. Pendant qu'elle se colore, la membrane du sporange se cuticularise, excepté le long de l'anneau incolore situé immédiatement au-dessus du cercle d'insertion de la columelle.

En même temps le protoplasma du sporange se sépare en un très-grand nombre de petites portions ovales qui, s'entourant d'une membrane, devenant homogènes et très-réfringentes, forment autant de spores, et en une matière interstitielle incolore, qui continue de réunir ces spores en une masse compacte. Légèrement jaunâtres quand elles sont vues en tas, mais isolément incolores, ces spores sont ovales, sensiblement égales dans le même sporange, et mesurent en général $0^{mm},008$ à $0^{mm},010$ de long sur $0^{mm},006$ de large (fig. 15 et 21).

Les spores une fois formées, le sporange s'ouvre pour les mettre en liberté. La déhiscence a lieu le long de l'anneau non cuticularisé, situé au-dessus de l'insertion de la columelle. Suivant cette zone, la membrane devenue gélatineuse se gonfle beaucoup sous l'influence de l'eau, soulève par conséquent la calotte noire avec les spores qu'elle renferme et qu'elle cache en partie, et sépare le tout de la columelle (fig. 16). Si le sporange ainsi ouvert se trouve amené, par le grand accroissement intercalaire du filament qui le porte en contact avec un corps solide, il s'y colle par le bourrelet gélatineux et s'y fixe par sa face inférieure. S'il est libre, il se penche, se détache de la columelle (fig. 19 et 20) par son propre poids et vient tomber sur quelque corps solide, où il s'attache de la même façon. En dehors de l'action de l'eau, le sporange mûr ne s'ouvre pas, mais s'affaisse ; la région inférieure se contracte, se plisse et rentre dans la calotte supérieure ; enfin le tout offre l'aspect représenté figure 18 et déjà décrit par M. de Cesati.

Par la structure du sporange et le mode de déhiscence que cette structure entraîne, le *Pilaira Cesatii* ressemble donc de tout point aux *Pilobolus*. Il en diffère et se rapproche des *Mucor* par le mode de dissémination, qui s'opère non par la brusque rupture d'un filament court et renflé aux deux bouts, mais par la lente élongation d'un tube grêle et cylindrique dans toute son étendue, qui disparaît aussitôt après.

Il nous reste à suivre maintenant, par voie de culture cellulaire, la germination des spores et le développement du mycélium jusqu'aux fructifications nouvelles. Pour préciser les idées je vais citer ici une des nombreuses cultures que j'ai réalisées.

Une spore de *P. Cesatii*, provenant d'un sporange ouvert depuis huit jours, est semé le 24 avril 1874, à quatre heures du soir dans une goutte de décoction de crottin. Le lendemain matin les spores ont déjà beaucoup grossi tout en demeurant ovales, et le soir du même jour elles ont poussé à chaque extrémité un gros tube mycélien. Le 26, ces tubes se sont ramifiés beaucoup, et l'on y observe une circulation de granules des plus nettes. Les branches principales, dont le protoplasma est souvent coloré en jaune rouille, portent des rameaux divisés et très-effilés, incolores et qui plus tard s'en séparent par une cloison. Le 27, à dix heures du matin, certaines branches principales du mycélium, au nombre de cinq, se sont redressées dans l'air, sans se renfler ni se cloisonner au coude; ces tubes dressés se terminent déjà par un renflement sphérique jaunâtre qui est le sporange en voie de développement. Le même jour à quatre heures de l'après-midi, les sporanges sont noirs, entièrement mûrs, hérissés de fines aiguilles d'oxalate de chaux, et les filaments qui les portent se sont allongés de manière à battre plusieurs fois les murs de la cellule et à acquérir une longueur de plus de 3 centimètres. Dans ces tubes et même dans les filaments mycéliens dont ils émanent, on constate la présence de cristalloïdes très-petits et très-pâles, en forme de tables triangulaires tronquées. Si le tube contourné sur lui-même porte son sporange dans l'air, ce dernier est surbaissé en forme de haricot, comme l'indique la figure 18; si le sporange est allé se heurter contre les gouttes d'eau qui occupent le fond de la cellule, il s'ouvre par le gonflement et la liquéfaction de l'anneau mucilagineux et se sépare de la columelle (fig. 16). Les spores qu'il renferme ont d'ailleurs la forme et la dimension normales.

Ainsi, en moins de trois jours la plante a achevé en cellule son développement complet. Je n'y ai jamais observé d'ailleurs de chlamydospores sur les tubes mycéliens, et les grandes cultures sur crottin bouilli ne m'en ont pas offert davantage.

La plupart de mes cultures cellulaires ont donné le même résultat que celle que je viens de prendre pour exemple. Mais dans quelques autres les choses ont tourné autrement et j'y ai vu se produire sous mes yeux l'appareil reproducteur sexué de la plante.

Le 11 avril 1874, à quatre heures du soir, je prépare deux cultures cellulaires de *P. Cesatii*; dans l'une la goutte nutritive renferme trois spores, dans l'autre cinq. Le lendemain à deux heures les spores, gonflées et devenues presque sphériques, ont produit des tubes mycéliens rameux peu développés, mais portant de courtes branches latérales flexueuses et elles-mêmes ramifiées. Le 13 avril, à onze heures du matin, il s'est opéré, entre les branches, des conjugaisons que l'on observe dans le champ du microscope à divers états de développement. Deux rameaux flexueux, issus de la même branche latérale ou de branches latérales différentes qui se croisent, s'accollent dans leur partie inférieure et se pelotonnent en quelque sorte en engrénant leurs ondulations; en même temps leurs bouts libres se renflent beaucoup, se recourbent en arc l'un vers l'autre en forme de mors de pince et viennent se toucher par leurs sommets (fig. 22). Puis il se fait dans chaque bout renflé une cloison qui en sépare une cellule pleine de protoplasma épais et granuleux. Ces deux cellules sont constamment inégales, l'une ayant une hauteur presque double de l'autre (fig. 23). Elles se pressent de plus en plus l'une contre l'autre en aplatissant leur surface de contact, après quoi la double membrane se résorbe et les deux corps protoplasmiques se mêlent, se pénètrent réciproquement et enfin s'entourent d'une paroi propre et constituent un œuf ou zygospore. A quatre heures du soir, la conjugaison se trouve opérée dans la plupart des points, et la membrane externe, morte, appartenant aux deux cellules conjuguées primitives, commence à prendre une teinte noir bleuâtre. Le lendemain 14 avril, les zygospores ont grossi; elles ont maintenant $0^{mm},040$ environ, et la membrane étrangère qui les revêt est entièrement noire et lisse, tandis que les cellules arquées qui la portent et où l'on distingue quelques petits cristalloïdes tabulaires sont encore incolores (fig. 24). Faute de nourriture sans doute, les deux ou trois zygospores les plus développées n'ont pas grossi davantage et suivant toute probabilité ne sont pas parvenues encore à leur entière maturité ; toutes les autres ont avorté avant même d'atteindre cet état.

Ces deux cultures ont eu le même résultat, mais, tandis que l'une d'elles n'a donné que des zygospores sans filaments sporangifères, l'autre a produit aussi quelques sporanges très-petits quoique possédant tous les caractères distinctifs de l'espèce. Je n'ai obtenu que deux fois les conjugaisons dans les cultures cellulaires et j'ai cherché en vain jusqu'à présent à rencontrer, dans le milieu nutritif des grandes cultures, les zygospores mûres du *Pilaira Cesatii*. Nos connaissances sont donc encore imparfaites sur ce point.

Quoi qu'il en soit, il résulte de ce qui précède que le mode de formation de l'œuf dans le *Pilaira Cesatii* ressemble beaucoup à celui que nous avons fait connaître chez le *Phycomyces nitens* (1). Les rameaux épineux dichotomes, qui enveloppent la zygospore de cette dernière plante et dont l'apparition successive sur les deux cellules arquées accuse une différence sexuelle entre les deux cellules conjuguées, ne paraissent pas, il est vrai, se développer ici. Mais la différence sexuelle est attestée dans cette plante, comme chez le *Rhizopus nigricans*, par un autre caractère, savoir par une notable et constante différence de grandeur dans les cellules conjuguées elles-mêmes. L'analogie avec ce que l'on connaît partout ailleurs chez les plantes et chez les animaux porte dès lors à regarder comme femelle la plus grande de ces deux cellules et comme mâle la plus petite.

La plante que nous venons d'étudier n'est pas absolument nouvelle pour la science. Elle a été rencontrée en 1850 à Verceil sur des excréments d'oie par M. de Cesati, à qui je l'ai dédiée. Frappé de l'analogie de son sporange avec celui des *Pilobolus*, ce savant botaniste l'a classée, avec doute cependant, dans ce dernier genre ; mais remarquant en même temps qu'elle ne projette pas son sporange et qu'elle fait ainsi exception à la règle suivie par les autres espèces, il l'a appelée *Pilobolus anomalus*, et en a publié sous ce nom une courte description dans l'Herbier de Klotzsch (1). J'ai pu, l'année dernière, grâce à l'extrême obligeance de M. de Cesati, examiner les sporanges de cette plante encore collés après vingt-quatre ans à la surface du substratum primitif, et en mesurer les spores qui, légèrement altérées dans leur contour, avaient perdu naturellement leur faculté germinative. Je me suis convaincu ainsi de l'identité spécifique du *P. anomalus* avec la mucorinée que j'avais moi-même rencontrée sur le crottin de cheval et que je cultivais abondamment à cette époque.

---

(1) *Recherches sur les Mucorinées* (*Ann. sc. nat.*, 5e série, 1873, t. XVII, p. 292).

Coemans, qui n'a pas connu la plante vivante, mais seulement sur des échantillons authentiques provenant de l'herbier de Desmazières, se refuse et avec raison, à cause de la forme du filament sporangifère et de l'absence de projection, à la comprendre dans le genre *Pilobolus* (2). Mais il se trompe, quand, méconnaissant l'analogie de structure du sporange avec celui des *Pilobolus*, signalée avec tant de sagacité par M. de Cesati, il veut en faire une espèce du genre *Ascophora*, sous le nom d'*Ascophora Cesatii*. « L'*Ascophora Mucedo*, dit-il, offre le même développement et la même organisation que la plante dont nous nous occupons. » Rien n'est moins exact. A cette époque, d'ailleurs, Coemans ignorait encore que l'*Ascophora* n'a pas de raison d'être comme genre distinct des *Mucor* et qu'il devrait depuis longtemps avoir disparu de la science. Ehrenberg l'y condamnait déjà avec raison en 1820 (3) et Corda avait fait de bien stériles efforts pour le ressusciter. Deux ans plus tard, Coemans arrivait enfin à cette même conclusion et à son tour il rejetait définitivement le genre *Ascophora* (4). Mais que devenait alors l'*Ascophora Cesatii ?*

---

(1) *Herb. myk. Klotzschii* (1851), édit. prima, nº 1542.

(2) Coemans, *Monographie du genre* Pilobolus (*loc. cit.*, p. 63).

(3) « Cur Ascophoræ etiamnunc a Mucoribus sejungantur, causa non amplius liquet. » Ehrenberg, *De Mycetogenesi* (*Nova acta*, t. X, p. 202, 1820).

(4) Coemans, *Recherches sur le polymorphisme et les différents appareils de repro-*

En en faisant le type d'un genre nouveau, intermédiaire au *Pilobolus* et au *Mucor*, mais plus voisin toutefois du *Pilobolus* et constituant avec lui la tribu des Pilobolées, je crois que l'on exprime suffisamment bien l'ensemble des affinités de cette plante.

Pilaira nigrescens (fig. 25–28). — Cette seconde espèce de *Pilaira* est rare. Je ne l'ai rencontrée qu'une seule fois jusqu'ici, sur des excréments de lapin. Tout en possédant les mêmes caractères généraux et le même mode de développement que le *P. Cesatii*, elle s'en distingue nettement par plusieurs caractères.

Son filament fructifère, plus grêle et plus délicat encore que dans l'espèce précédente, qui se chiffonne, se tortille et se rabat complétement aussitôt après son élongation, ne dépasse guère un et demi à deux centimètres de hauteur, autant du moins qu'on peut apprécier la longueur d'un filament aussi flexueux (fig. 25). Le sporange qui le termine, environ moitié plus petit que dans l'autre espèce, serait à peine visible si par sa couleur noire il ne tranchait pas sur le ton blanc des filaments tortillés. Ce sporange, hérissé de très-fines pointes d'oxalate de chaux, s'ouvre comme dans l'espèce précédente sous l'influence de l'eau (fig. 26); il laisse voir alors la columelle relevée en cône au sommet et colorée en noir bleu ou violacé plus ou moins intense (fig. 27).

La coloration noire envahit donc ici non-seulement la membrane du sporange, mais encore la cloison bombée qui le sépare du filament. Ce caractère s'étant maintenu constant dans toutes les fructifications étudiées, comme il l'est aussi dans le *Pilobolus roridus*, j'ai pu en tirer le nom spécifique de la plante : *Pilaira nigrescens*. En outre, les spores reliées par une substance interstitielle hyaline, un peu jaunâtres vues en masse, mais incolores prises isolément, diffèrent à la fois par leur forme et par leur grandeur de celles du *P. Cesatii*. Elles sont en effet sphé-

---

duction chez les Mucorinées, 2e partie : *Rhizopus nigricans* (*Bulletin de l'Académie de Belgique*, 2e série, t. XVI, p. 177, 1863).

riques, de dimension assez inégale dans le même sporange, mais n'ayant en moyenne que $0^{mm},005$ à $0^{mm},006$ (fig. 28).

En résumé, composé pour le moment de deux espèces distinctes : le *P. Cesatii* et le *P. nigrescens* (1), le genre *Pilaira* vient se placer à côté du genre *Pilobolus*, pour former avec lui dans la famille des Mucorinées une tribu naturelle, caractérisée vis-à-vis de toutes les autres par une structure spéciale du sporange et par un mode de déhiscence correspondant. Il se distingue du *Pilobolus* par l'organisation différente du tube sporangifère et par une différence corrélative dans le mode de dissémination, deux caractères qui le rapprochent des Mucorées que nous allons étudier maintenant.

III

TRIBU DES MUCORÉES.

A cette tribu appartiennent toutes les Mucorinées dont le mycélium est formé, comme celui des Pilobolées, de gros tubes non anastomosés et dépourvus de stylospores, mais dont la membrane sporangiale, douée des mêmes propriétés dans toute son étendue, difflue tout entière ou demeure tout entière indéhiscente. Ces deux conditions générales sont remplies par un très-grand nombre de formes spécifiques, qui se groupent en plusieurs genres d'après des caractères tirés, soit de la structure du sporange et du filament qui le porte, soit de l'organisation de l'appareil reproducteur sexué dans les quelques cas où il est connu.

---

(1) Dans sa monographie du *Mucor Mucedo*, M. Brefeld, en même temps qu'il précisait mieux qu'on ne l'avait fait jusqu'alors la différence qui existe, au point de vue de la déhiscence du sporange, entre le *Pilobolus* et le *Mucor* (les deux seuls genres que renferme suivant lui la famille des Mucorinées), a signalé en quelques mots et figuré une plante nouvelle rencontrée sur le crottin de cheval, qu'il a nommée *Pilobolus Mucedo*, mais qui doit certainement faire partie du genre *Pilaira*. Est-ce le *P. Cesatii*, le *P. nigrescens*, ou une troisième espèce qu'on pourrait appeler *P. Mucedo?* C'est ce qu'il est impossible de décider actuellement, M. Brefeld n'ayant pas décrit cette plante et n'ayant rien dit notamment de la forme et de la dimension de ses spores (*Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze*, I Heft, p. 27, 1872).

De tous le plus riche en espèces est le genre *Mucor*. Les sporanges, globuleux et polyspermes, tous d'une seule sorte, sont portés par des filaments droits, dont ils sont séparés par une cloison étroite, située exactement au niveau d'insertion du sporange sur le filament et, dès l'origine, relevée en voûte à l'intérieur de la cavité. La membrane du sporange est en général totalement diffluente ; celle du tube est incolore. Ainsi caractérisé et délimité, ce genre renferme un grand nombre d'espèces dont une seule est aujourd'hui complétement connue ; c'est le *Mucor Mucedo*, dont M. Brefeld nous a donné une belle monographie (1) ; c'est la seule dont on ait décrit jusqu'à présent l'appareil reproducteur sexué et l'œuf ou zygospore qui s'y forme. Depuis plus de trois ans que je m'occupe de cette famille, j'ai étudié et cultivé plus de trente espèces de *Mucor*, et souvent encore j'en découvre de nouvelles. Elles se répartissent en quatre sections. Le filament sporangifère demeure, en effet, simple chez les unes, tandis que chez les autres il se ramifie latéralement après avoir produit son sporange terminal. Ensuite, suivant que, dans le premier, le filament sporangifère est doué ou non d'accroissement intercalaire, qu'il est élancé ou trapu, suivant que, dans le second, la ramification s'opère en grappe ou en cyme, chacun de ces deux groupes se partage à son tour en deux sections. La monographie du genre *Mucor* et la description détaillée des nombreuses espèces qui le constituent est donc un travail d'assez longue haleine, qui doit faire l'objet d'une publication spéciale.

En attendant, et pour préparer la voie, il est nécessaire de débarrasser ce genre de plusieurs espèces singulières, qu'on y a laissées jusqu'ici ou qu'on y a replacées après les en avoir distraites, et qui sont réellement les types d'autant de genres distincts que les recherches ultérieures viendront certainement grossir. C'est ainsi que déjà dans notre premier travail, nous fondant principalement sur la remarquable conformation de l'appareil reproducteur sexué, nous avons séparé génériquement des *Mucor* le *Phycomyces nitens* de Kunze, que les auteurs les plus récents et notamment MM. Berkeley, de Bary et Woronine, Brefeld, y avaient replacé sous le nom de *Mucor Phycomyces*. Je puis aujourd'hui, en faisant connaître une nouvelle espèce de *Phycomyces*, apporter une preuve de plus à l'appui de cette séparation et prévenir ainsi l'objection que, dans l'état encore très-imparfait de nos connaissances mycologiques, on est naturellement porté à formuler contre tout genre réduit à une seule espèce. C'est par où je vais commencer ce troisième chapitre. J'étudierai ensuite les genres *Spinellus*, *Sporodinia*, *Rhizopus* et enfin je le terminerai en décrivant une espèce nouvelle de *Circinella*.

---

(1) O. Brefeld, *Untersuchungen über Schimmelpilze*, Heft I, p. 7, 1872.

PHYCOMYCES Kunze.

Phycomyces nitens Kunze. — *Phycomyces microsporus* sp. nov.

Phycomyces nitens. — Depuis la publication de notre premier mémoire, j'ai rencontré à plusieurs reprises le *Phycomyces nitens* dans la nature, sur les excréments du cheval, du lapin et du rat. Tantôt les filaments sporangifères étaient isolés et provenaient de la germination d'autant de zygospores dont on retrouvait la trace à la base du tube renflée en cul-de-sac; tantôt ils étaient rapprochés en touffe et s'inséraient sur un mycélium intérieur. J'en ai profité pour cultiver de nouveau cette plante tant en grand qu'en cellule et, tout en vérifiant point par point nos premières études, j'y pu y faire quelques observations nouvelles, notamment sur le mouvement et la cicatrisation du protoplasma et sur le développement, la forme et le rôle physiologique des cristalloïdes de mucorine.

Tels qu'ils se présentent à l'observation directe dans les cultures cellulaires sur décoction de crottin, les tubes mycéliens du *Phycomyces nitens* possèdent un protoplasma plus ou moins coloré par des granules jaunes, comme celui des *Pilobolus*. Ce protoplasma est en mouvement continuel; on y voit les granules jaunes monter le long d'une paroi, descendre le long de la paroi opposée. Déjà très-notable à 10°, la vitesse du mouvement augmente à mesure que la température s'élève, jusque vers 25° à 30° où elle présente un maximum ; elle décroît ensuite quand la température continue à monter, et le mouvement s'arrête tout à fait vers 40° à 45°. A la maturité du sporange, le mouvement est aussi très-net dans le protoplasma pariétal du tube fructifère. Peu de temps avant la disparition totale de ce dernier, on voit nettement qu'il y a, le long de la paroi, plusieurs courants granulaires ascendants et plusieurs courants descendants qui alternent plus ou moins régulièrement. En culture cellulaire, le mycélium de cette plante se prête donc très-bien à l'étude des mouvements du protoplasma, aussi longtemps du moins que les sommets des tubes n'ont pas dépassé le bord de la goutte nutritive pour ramper sur le verre mince. Car, dès que ce résultat a été atteint, il suffit de retirer la cellule de l'atmosphère humide où elle est conservée et de la mettre sur la platine du microscope pour déterminer une légère évaporation dans la portion aérienne des tubes et par suite un appel, vers ces parties, du protoplasma des régions centrales. Tous les granules du tube sont alors entraînés dans ce courant général et leur mouvement propre se trouve, pour le moment, masqué. C'est précisément pour obvier à cet inconvénient que j'eus un jour l'idée de rogner les bouts des branches qui dépassaient le bord de la goutte. J'observai alors leur prompte cicatrisation et je pus continuer à y étudier ensuite le mouvement propre du protoplasma.

Quant aux cristalloïdes de mucorine, ils sont de forme octaédrique comme dans les *Pilobolus*. On les trouve assez souvent aplatis en tables rhombiques çà et là incomplètes et soudées ensemble de manière à former des plaques plus ou moins larges.

Phycomyces microsporus. — C'est également sur le crottin de cheval que j'ai rencontré cette seconde espèce de *Phycomyces*. Je l'ai cultivée ensuite sur du crottin bouilli et sur des tranches d'orange.

Elle s'est d'abord présentée à moi sous forme d'un filament unique, simple, raide, long de 3 centimètres, vert bronzé dans sa région inférieure, jaunâtre dans le haut et terminé par un sporange également jaune. Le lendemain, le filament avait 5 centimètres de hauteur, était devenu luisant et vert bronzé dans toute sa longueur, et son sporange était noirâtre. Jugeant que ce filament isolé provenait d'une zygospore, j'en isolai avec soin la base et je la trouvai en effet renflée en sphère et engagée dans une membrane noire déchirée. Celle-ci à son tour était attachée latéralement à deux grosses cellules sombres, arquées, déchirées à peu de distance, mais portant, au voisinage du cercle d'attache, des épines noires brisées, probablement rameuses, mais dont il ne restait plus que les bases. Celles-ci m'ont paru être au nombre de trois seulement de chaque côté. Le diamètre de cette zygospore est d'environ 1/8 de millim. ; moitié plus petit que chez le *Ph. nitens*. Le tube qui en sort a sa membrane colorée en noir verdâtre, très-foncé et complétement opaque en bas, mais de moins en moins sombre à mesure qu'on se rapproche du sporange. Dans la région supérieure, elle est assez transparente pour qu'on puisse y voir quelques cristalloïdes octaédriques nager dans le suc cellulaire. Le sporange a sa membrane hérissée de granules d'oxalate de chaux et totalement diffluente dans l'eau. Les spores, unies entre elles par une substance interstitielle hyaline, sont sphériques, un peu inégales, et isolément incolores ; vues en masse, elles sont légèrement jaunâtres; elles sont relativement très-petites et ne mesurent en moyenne que 0^{mm}, 008. Enfin la columelle, dont la membrane ni ne se cuticularise, ni ne se colore comme celle du tube, est sensiblement cylindrique, un peu étranglée au milieu et remplie d'un protoplasma granuleux jaune orangé.

Les spores obtenues ainsi de cet unique exemplaire issu de la zygospore, ont été semées ensuite partie sur du crottin bouilli, partie sur un quartier d'orange. Elles y ont germé immédiatement, développé d'abondants mycéliums, et produit au bout de cinq à six jours de nombreux filaments fructifères. Comme dans le *Ph. nitens*, ceux-ci portent à leur base un ou deux appendices stériles en doigt de gant, ou ramifiés en un faisceau de radicelles ; mais ils sont hauts de 4 à 5 centimètres seulement, plus minces que ceux du *Phycomyces nitens* et terminés par des sporanges moitié plus petits, renfermant des spores incolores de même forme et de même dimension que celles du sporange issu de la zygospore. Les filaments se cuticularisent aussi et se colorent de bonne heure de bas en haut en brun verdâtre avec reflets métalliques plus ou moins marqués. Je n'ai retrouvé de zygospores ni dans les premières cultures, ni dans quelques autres que j'ai réalisées ensuite avec les spores qui en provenaient, et où l'espèce s'est maintenue avec tous ses caractères.

En résumé, par ses filaments fructifères, moitié moins hauts dans les mêmes conditions de milieu nutritif, moins larges aussi et terminés par des sporanges moitié plus petits, mais surtout par ses spores beaucoup plus petites, sphériques et incolores, le *Phycomyces microsporus* se distingue nettement du *Phycomyces nitens*. Elle s'en sépare encore par ses zygospores plus petites et portant seulement trois épines rameuses de chaque côté, s'il est permis toutefois de regarder comme constants les caractères que j'ai reconnus sur l'unique zygospore qui a été l'origine de la découverte et le point de départ des cultures.

Une autre espèce de ce genre a été étudiée sur le sec et caractérisée par Fries sous le nom de *Phycomyces splendens* (1). Elle diffère du *Ph. nitens* par sa taille plus haute, son éclat plus vif, ses spores plus grandes, hyalines et très-transparentes, c'est-à-dire, à part l'absence de couleur des spores, en sens inverse de celle que nous venons de décrire. Elle a été trouvée sur du tan.

Le genre *Phycomyces* renferme donc aujourd'hui trois espèces distinctes.

SPINELLUS gen. nov.

Spinellus fusiger (*Mucor fusiger* Link) (fig. 29-37). — *Spinellus sphærosporus* sp. nov. (fig. 38-39).

Caractérisé par Link en 1821 (2), revu en 1866 par MM. de Bary et Woronine qui ont précisé les différences qui le séparent du *Mucor macrocarpus* de Corda (1), le *Mucor fusiger* a été étudié en 1867 par M. Tulasne, qui en a beaucoup avancé l'histoire en décrivant brièvement ses zygospores et leur germination (2). Ayant à mon tour observé cette plante, obtenu et vu germer ses zygospores, j'ai pu y faire quelques remarques nouvelles. En même temps j'ai rencontré une espèce voisine, mais bien distincte et qui ne paraît pas avoir été décrite.

---

(1) Fries, *Systema mycologicum*, t. III, p. 308, 1829.

(2) Link, *Species plant.*

Par leur mycélium aérien, dont les filaments se cuticularisent, brunissent et se couvrent de petits rameaux épineux, par leur tube fructifère également cuticularisé et coloré en brun foncé, y compris la columelle qui s'insère au-dessus du point d'attache du sporange sur le filament, par leurs spores noirâtres, enfin par la courbure en mors de pince des deux rameaux renflés qui se conjuguent pour former la zygospore, ces deux espèces se distinguent de tous les *Mucor* à moi connus et doivent former un genre distinct, qui vient se placer entre le *Phycomyces* et le *Rhizopus*, non loin du *Sporodinia* (3). Son nom, *Spinellus*, est tiré des petites épines qui hérissent les filaments mycéliens et dont le développement est lié au mode de nutrition et au parasitisme de ces plantes.

Spinellus fusiger (fig. 29-37). — Généralement ovales très-allongées et fusiformes, quelquefois plan-convexes ou même réniformes, noir bleuâtre vues en masse, mais isolément gris ardoisé, les spores du *Spinellus fusiger* mesurent 0^{mm}, 032 à 0^{mm},040 de longueur sur 0,008 à 0,011 de largeur (fig. 32). Placées en cellule dans l'eau pure ou simplement dans l'air humide, elles germent après quelques heures et, sans se déformer ni grossir notablement, elles émettent ordinairement à chaque bout un tube qui s'allonge, produit quelques courts rameaux perpendiculaires, puis s'arrête et se vide en se cloisonnant (fig. 34). Dans le jus d'orange ou de raisin, dans la décoction de crottin et même dans la décoction du fruit d'*Agaricus campestris*, elles n'ont pas germé. Dans le liquide minéral sucré (1), le développement a été plus loin que dans l'eau pure et les tubes ont formé quelques branches principales qui se sont allongées dans l'air; mais il n'a pas tardé à prendre fin. La plante étant, comme on sait, parasite sur certains Agarics, l'insuccès de ces tentatives et de toutes celles que j'ai faites jusqu'ici pour la cultiver en cellule tend à démontrer que ce parasitisme est nécessaire.

---

(1) De Bary et Woronine, *Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze*, 2e série, p. 34, 1866.

(2) Tulasne, *Note sur les phénomènes de copulation que présentent quelques Champignons* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. VI, p. 211, 1867).

(3) La grande différence qui sépare le *M. fusiger* de tous les autres *Mucor*, et l'analogie qui le rapproche du *Phycomyces* étaient déjà senties par Fries, qui s'exprime ainsi au sujet de cette plante : « Ab omnibus Mucoribus eximie differt sporidiis maximis » fusiformibus, utrinque obtusatis, demum opacis, » et qui dit à propos du *Phycomyces* : « Flocci *Mucoris rhombospori* eodem nitore gaudent; huic valde affinem censeo » *Phycomycem.* »

Semée sur le chapeau et notamment sur les lamelles d'un Agaric convenablement choisi (2), la spore y germe d'abord comme dans l'air humide et dans l'eau, en poussant deux tubes qui produisent des rameaux tortueux. Mais aussitôt ces derniers s'enfoncent dans le tissu de la plante hospitalière et s'y ramifient en un pinceau de radicelles tortillées ou de suçoirs crochus terminés en assez larges doigts de gant. Ces rameaux radicellaires ne sont donc pas effilés et leur ensemble n'est pas non plus séparé du tube principal par une cloison comme chez les *Mucor*. Ainsi enracinés et nourris, les tubes principaux s'allongent et se ramifient promptement dans l'air; celles de leurs branches qui rampent à la surface de l'Agaric s'y enracinent de même, y puisent de nouveaux aliments et enfin se ramifient à leur tour. Les autres branches, qui se croisent et se feutrent dans l'air à quelque distance de la surface, émettent aussi plus tard un grand nombre de rameaux latéraux perpendiculaires, isolés ou verticillés par deux ou par trois et au niveau desquels la branche se renfle en forme de nœud. Trop éloignés du tissu nutritif pour arriver à le toucher, à y pénétrer et à s'y diviser en suçoirs, ces rameaux demeurent courts, avortent et forment autant d'épines raides qui hérissent la surface des tubes mycéliens supérieurs.

---

(1) Pour la composition de ce liquide, voyez notre premier mémoire (*loc. cit.*, p. 266.)

(2) *Ag. dryophilus*, *fusipes*, sur lesquels on rencontre la plante dans la nature D'après M. de Bary, on la trouve aussi sur les *Ag. purus*, *galericulatus*, *lævigatus*. Sur l'*Ag. campestris* mes semis sont demeurés sans résultat.

Plus tard, quand les fructifications se sont développées, toutes les parties aériennes du mycélium, savoir les tubes principaux, les rameaux épineux et les troncs d'origine des suçoirs, cuticularisent leur membrane et la colorent en jaune brun de plus en plus foncé. La membrane des rameaux radicellaires, au contraire, demeure blanche et molle. Beaucoup de rameaux épineux conservent aussi leur sommet blanc et mou, pendant que tout le reste est coloré et durci. Ils gardent ainsi la faculté, s'ils viennent à être remis en contact avec la surface de l'Agaric, de se développer par leur extrémité, pour s'y enfoncer et s'y ramifier. Quand on enlève avec une pince une portion du feutrage aérien noirâtre, on distingue donc sur ses filaments trois sortes de rameaux épineux : les uns fermés en doigt de gant et totalement cuticularisés et colorés, d'autres fermés aussi mais paraissant ouverts au premier abord parce qu'au sommet leur membrane est demeurée blanche et molle, les derniers enfin et les moins nombreux réellement ouverts et brisés. Ceux-ci sont les troncs communs par où les pinceaux de radicelles, demeurés dans le tissu de l'Agaric, s'attachaient aux tubes principaux qui rampaient à sa surface et qu'on en a violemment arrachés.

Tel est le mode de formation et d'organisation définitive de ce remarquable mycélium, dont les tubes sont et demeurent dans toute leur étendue dépourvus de cloisons.

Les filaments sporangifères prennent naissance sur les tubes aériens du mycélium, hérissés de nombreuses épines et non directement enracinés. Pour former un tube fructifère, une branche épineuse se redresse perpendiculairement et se renfle brusquement à son sommet de manière à acquérir jusqu'à vingt fois son diamètre primitif (fig. 31). Puis cette ampoule s'allonge, en s'amincissant d'abord un peu, et forme un filament cylindrique qui atteint ordinairement 3 à 4 centimètres de hauteur après s'être renflé en sphère à son sommet. La cloison qui sépare le sporange s'insère à l'intérieur de cette sphère, notablement au-dessus du point où celle-ci s'attache au tube qui la porte,et dès l'origine elle est bombée et relevée en une large columelle cylindroïde. Dans le sporange ainsi limité se forment des spores très-longues appliquées tout autour de la columelle et séparées par une substance interstitielle hyaline. La membrane du sporange est très-mince, transparente, non incrustée de granules ou d'aiguilles d'oxalate de chaux (fig. 29).

Le tube fructifère, renflé à la base et portant parfois sur ce renflement quelques rameaux grêles hérissés d'épines comme les branches primaires du mycélium, est d'abord continu et incolore. Dans le protoplasma pariétal et dans le liquide cellulaire, on distingue de très-petits cristalloïdes de mucorine, constamment octaédriques, et ne dépassant ordinairement pas $0^{mm},003$. Bientôt il se cloisonne ; mais la formation de ces cloisons est assez irrégulière. Tantôt très-nombreuses et souvent rapprochées deux par deux, elles envahissent tout le tube et il s'en forme une immédiatement au-dessous du sporange ; tantôt elles sont plus écartées et ne règnent que dans la partie inférieure; tantôt enfin il ne s'en fait pas du tout. En même temps la membrane se cuticularise et se colore progressivement, de bas en haut, d'abord en gris bleu, ardoisé, puis en bleu noirâtre, enfin en brun chocolat, devenant de plus en plus opaque à mesure que sa couleur se fonce, mais restant toujours lisse et luisante, comme celle des *Phycomyces*. Mais ici la columelle à son tour se cuticularise et se colore en bleu noir, et ce double phénomène envahit les spores elles-mêmes qui prennent une exospore noirâtre. Seule, la membrane du sporange y échappe et difflue totalement à la maturité pour laisser à nu les spores, retenues quelque temps encore autour de la columelle par la matière interstitielle qui les sépare (fig. 30 et 31).

En même temps que des filaments fructifères, le mycélium aérien qui couvre le chapeau de l'Agaric développe des zygospores, et l'on peut dire de cette plante avec plus de raison encore ce que M. de Bary disait du *Sporodinia grandis* : « qu'il n'est peut-être pas d'espèce plus propre à démontrer la présence de deux sortes de fruits dans un seul et même Champignon (1). » Pour former une zygospore, deux branches épineuses se rapprochent parallèlement presque jusqu'au contact, mais sans se souder ensemble comme dans les *Phycomyces*, car à toute époque on peut les séparer sans déchirure. Puis leurs extrémités se renflent et les deux renflements, se réfléchissant l'un vers l'autre sur les filaments qui les portent, viennent se toucher par leurs sommets (fig. 34). Ils se cloisonnent ensuite et, les membranes se résorbant sur toute la surface de contact, les corps protoplasmiques des deux cellules sensiblement égales ainsi séparées se mêlent et se pénètrent réciproquement pour former une oospore. Celle-ci grossit et s'entoure d'une membrane incolore et lisse, qui devient plus tard épaisse, cartilagineuse et marquée de fines stries parallèles. Elle demeure revêtue par la membrane morte des deux cellules fusionnées, qui se colore au contraire, d'abord en brun, puis en noir et se marque de stries correspondant à celles de la zygospore.

---

(1) De Bary, *Beiträge*, 1re série, p. 86.

Parvenue à sa maturité, la zygospore a la forme d'un tonneau aussi large que haut et mesure $0^{mm},2$ à $0^{mm},4$; elle est insérée latéralement comme entre les mors d'une pince sur les deux rameaux renflés qui l'ont produite. Contrairement à ce qui a lieu chez les *Phycomyces*, ces rameaux ne s'arquent, ne s'infléchissent qu'au dessous des renflements, et ces derniers, sensiblement égaux entre eux, peuvent ainsi conserver une forme presque globuleuse et de même dimension que la zygospore (fig. 35). Ces rameaux sexués se cuticularisent d'ailleurs et brunissent comme tout le reste du mycélium. Dans les renflements globuleux, la coloration brune se concentre sur certaines bandes anastomosées en réseau irrégulier et respecte les places intermédiaires qui forment des mailles allongées suivant l'axe. La même réticulation s'observe d'ailleurs sur les renflements qui portent les zygospores des *Rhizopus*. Pendant le grossissement de la zygospore, et même quelque temps après sa maturité, on observe dans les renflements des cristalloïdes octaédriques de mucorine ; ils disparaissent plus tard quand les tubes se vident.

Quand la zygospore est mûre, on la dégage très-facilement de la membrane étrangère qui la revêt et des deux filaments arqués et renflés qui la portent. Précisément parce que les deux membranes en contact sont lisses et ne s'engrènent pas l'une dans l'autre par des tubercules saillants comme dans les *Mucor*, *Sporodinia*, *Rhizopus*, il suffit ici d'une légère traction qui déchire la membrane noire, mince et cassante, pour en faire sortir la zygospore incolore ou légèrement jaunâtre. Pendant qu'elle était en voie de développement, son protoplasma était sombre et une couche de fines gouttelettes d'huile en occupait la périphérie, immédiatement au-dessous de la membrane. Maintenant il est devenu transparent et les gouttelettes d'huile périphériques se sont rassemblées en une seule goutte jaune au centre de la cellule. On n'y voit pas de cristalloïdes.

Les deux rameaux arqués qui forment la zygospore partent quelquefois de la même branche épineuse.

D'autres fois, les deux renflements, réfléchis l'un vers l'autre comme d'habitude, n'arrivent pas à se toucher. Ils se cloisonnent cependant et les corps protoplasmiques des deux cellules en regard ne s'en individualisent pas moins; mais dans l'impossibilité où ils sont de se mêler et de se pénétrer, ils s'entourent chacun d'une membrane propre incolore, lisse et qui devient cartilagineuse ; ils grossissent ensuite et la membrane morte des deux cellules ainsi rajeunies se colore autour d'eux en brun et finalement en noir (fig. 36-37). On obtient, en un mot, en face l'un de l'autre, deux azygospores hémisphériques, deux œufs formés sans fécondation, par pathénogénèse, capables de germer plus tard à la manière des vraies zygospores. Ce cas n'est pas très-rare dans le *Spinellus fusiger* et il s'explique très-simplement.

Aussi bien les deux cellules conjuguées que les rameaux renflés qui les portent, n'y présentent en effet, nous l'avons vu, la moindre différence appréciable dans leur forme et dans leur grandeur ; la différence sexuelle y atteint donc son minimum, et la même observation s'applique au *Sporodinia grandis*. On conçoit dès lors que, dans ces deux genres, la pénétration réciproque des deux corps protoplasmiques soit moins nécessaire qu'ailleurs pour constituer un œuf fécond. Une parthénogénèse absolue est, en effet, la conséquence nécessaire d'une absence complète de différenciation sexuelle, et il ne m'est pas démontré que la famille des Mucorinées n'en offre pas d'exemple ; c'est pourquoi je me refuse, jusqu'à nouvel ordre, à admettre le nom de Zygomycètes donné par M. Brefeld à ce groupe de Champignons. De même une pathénogénèse locale et accidentelle, comme celle des *Spinellus* et des *Sporodinia*, se produira toutes les fois que la différence sexuelle sera assez faible pour pouvoir être localement compensée par l'appareil végétatif. Enfin si la différence sexuelle est plus profonde et s'accuse au dehors par quelque caractère frappant, la compensation ne pouvant plus avoir lieu par l'appareil végétatif exigera toujours pour s'opérer le mélange direct des deux corps différenciés, c'est-à-dire l'acte fécondateur. Aussi ne trouve-t-on pas d'œufs nés sans conjugaison, pas d'azygospores, chez les *Phycomyces* et les *Rhizopus*, où la différence sexuelle est plus profonde et mieux marquée.

Desséchées pendant quelque temps (un à trois mois), puis dégagées de la membrane étrangère qui les enveloppait, les zygospores aplaties, transparentes, incolores ou grisâtres, ont été mises à germer dans une goutte d'eau. Après quelques jours (dix à quinze) la zygospore se gonfle, le contenu se trouble, la goutte d'huile s'émulsionne et se répartit uniformément dans le protoplasma sombre. En même temps l'exospore cartilagineuse se soulève en un point, puis se déchire pour laisser sortir un tube dont la membrane est en continuité avec l'endospore. Ce tube se dresse, s'allonge, se termine par un sporange et acquiert 2 à 4 centimètres environ de longueur. Il présente tous les caractères de ceux que nous avons vus naître sur le mycélium aérien. La columelle offre le même mode d'insertion, les spores la même forme (quelquefois très-irrégulière), la même couleur et la même dimension (parfois assez inégale), la membrane du sporange la même diffluence. D'abord continu, le tube présente dans son protoplasma un mouvement très-net et les courants de granules viennent se réfléchir contre sa base renflée en cul-de-sac ; on voit nager dans le suc cellulaire d'assez nombreux cristalloïdes octaédriques, produits du travail chimique qui s'est opéré à la germination dans le protoplasma de la zygospore, et en vertu duquel a eu lieu la formation simultanée du protoplasma sporigène. Un peu plus tard, il s'y forme des cloisons irrégulièrement disposées et assez peu constantes ; enfin la membrane se colore progressivement de bas en haut et jusque dans la columelle.

J'ai observé une autre fois la germination des zygospores du *Spinellus fusiger* dans des circonstances assez singulières. Sur du crottin de cheval apporté et mis sous cloche au laboratoire, le 8 novembre, et sur lequel se développèrent successivement des *Mucor*, *Piptocephalis*, *Kickxella*, etc., je vis apparaître le 17 novembre plusieurs gros filaments isolés, roides, luisants, vert bleuâtre, plus foncés en couleur à la base qu'au sommet; je crus d'abord avoir affaire à un *Phycomyces*. Mais les spores et le mode d'insertion de la columelle étaient bien ceux du *Spinellus fusiger*. J'isolai avec soin les bases des filaments qui pénétraient assez profondément dans le crottin et je vis chacun d'eux se terminer par une zygospore, dont les renflements latéraux se prolongeaient en rameaux arqués bruns, et plus loin en branches munies des épines caractéristiques. C'était donc bien le *Spinellus fusiger*. Pendant plus de quinze jours il s'est formé ainsi constamment de nouveaux tubes fructifères, très-vigoureux, presque tous dépourvus de cloisons et correspondant toujours à autant de zygospores, dont le crottin renfermait évidemment un grand nombre. Nul doute que le Cheval n'eût avalé avec le foin un fruit d'Agaric chargé de cette Mucorinée parasite en pleine fructification. Les zygospores ont germé dans le crottin humide comme elles font dans l'eau pure, sans émettre aucune trace de mycélium, mais les filaments, solidement fixés à leur base, ont pu se maintenir dressés dans l'atmosphère, tandis que dans la germination sur l'eau ils retombent toujours plus ou moins sur le porte-objet. Ces germinations de zygospores ont été aussitôt le point de départ de nouvelles cultures dans le laboratoire. Semées sur des fruits d'Agaric, les spores ainsi obtenues y ont développé un abondant mycélium qui, après quatre jours, avait déjà formé de nombreuses zygospores et quelques filaments sporangifères, les premières s'étant développées avant les seconds.

Spinellus sphærosporus (fig. 38-39). — Sur la face inférieure d'un fruit d'*Agaricus fusipes*, j'ai rencontré un mycélium aérien, feutré et brunâtre, en tout semblable à celui du *Sp. fusiger*, et dont les tubes sont aussi munis d'épines, c'est-à-dire de crampons avortés. Ces filaments portaient des zygospores pareilles à celles du *Sp. fusiger*, plus petites seulement; aussi, croyant avoir toujours affaire à la même espèce, avais-je négligé l'étude des filaments sporangifères, qui étaient d'ailleurs rabattus. Le lendemain je vis l'échantillon placé sous cloche produire de nouveaux tubes dressés, dont l'étude m'a fait reconnaître une espèce nouvelle, bien distincte de la précédente.

Ces tubes, roides et colorés, sont en effet plus grêles et atteignent à peine 1 centimètre de hauteur. Le sporange plus petit, qui a aussi sa columelle largement insérée et bleu noirâtre, contient des spores parfaitement sphériques, noir-bleuâtres vues en masse, isolément ardoisées. Ces spores, un peu inégales, mesurent en moyenne $0^{mm},010$; leur diamètre est donc à peine plus grand que la largeur des spores du *Sp. fusiger*. Les zygospores sont aussi plus petites de moitié que celles du *Sp. fusiger*, et atteignent en général $0^{mm},100$ à $0^{mm},150$.

Semées sur les lamelles d'un fruit d'Agaric, ces spores ont au bout de cinq jours reproduit un mycélium de *Spinellus*, portant à la fois les sporanges et les zygospores caractéristiques du *Sp. sphærosporus*.

Le genre *Spinellus* comprend donc aujourd'hui deux espèces distinctes.

En résumé, on voit que les *Spinellus* s'éloignent des *Mucor* par le mycélium aérien, dont les filaments supérieurs, colorés et cuticularisés se garnissent d'épines; par la coloration et l'éclat des tubes fructifères, la forme constamment octaédrique des cristalloïdes qu'ils renferment, le mode d'insertion et la couleur de la columelle; par la coloration des spores et l'absence d'oxalate de chaux dans la membrane du sporange; enfin par la structure de l'appareil de conjugaison, dont les rameaux rapprochés à leur base divergent ensuite et se recourbent l'un vers l'autre en mors de pince pour enserrer la zygospore. Ils constituent donc bien un genre distinct.

Par la coloration et l'éclat des filaments sporangifères, et surtout par cette incurvation des rameaux conjugués, ce genre se rapproche des *Phycomyces*, dont il s'éloigne par la structure et le mode de végétation du mycélium, par le mode d'insertion et la coloration de la columelle, par la couleur des spores, enfin par le défaut de soudure à la base des branches conjuguées, leur mode d'incurvation et l'absence d'épines dichotomes autour de la zygospore. Le *Spinellus* ressemble aussi au *Rhizopus* par la végétation aérienne et rampante du mycélium, par la cuticularisation et la coloration des tubes sporangifères, de la columelle et des spores, enfin par le mode d'insertion de la columelle ; il en diffère par l'élongation du tube sporangifère et surtout par l'incurvation et la parfaite égalité des rameaux conjugués, qui sont toujours droits et ordinairement fort inégaux dans le *Rhizopus*. Ce genre a aussi quelques traits de ressemblance avec le *Sporodinia*.

RHIZOPUS Ehrenberg.

Rhizopus nigricans Ehr. — *Rhizopus microsporus*, sp. nov. (pl. 2, fig. 46-48).
Rhizopus minimus, sp. nov. (fig. 49-51).

Dès l'année 1820, M. Ehrenberg séparait des *Mucor* pour en faire le type d'un genre distinct, sous le nom de *Rhizopus nigricans* (1), la Mucorinée si commune et en même temps si remarquable qu'il avait appelée jusqu'alors *Mucor stolonifer* (2), et que Tode avait nommée *Ascophora Mucedo* (3). Cette séparation n'a pas été généralement admise. M. Fries la rejette en se fondant sur ce que les différences si apparentes qui éloignent cette plante de tous les autres *Mucor*, n'étant tirées que du système végétatif, ne suffisent pas à caractériser un genre (4). Ce n'est que tout récemment, en effet, que M. de Bary a signalé dans le sporange deux caractères qui n'appartiennent à aucun autre *Mucor*, savoir : l'insertion de la columelle au-dessus du point où le renflement sphérique s'attache au filament, ainsi que la coloration de l'exospore et les crêtes cuticularisées qui en hérissent la surface (1).

---

(1) Ehrenberg, *De mycetogenesi* (*Nova acta*, X, p. 198, 1820).

(2) Ehrenberg, *Sylvæ mycologicæ*, 1818.

(3) Tode, *Fungi mecklemburgenses selectæ*, fascic. II, 1791.

(4) Fries, *Systema mycologicum*, III, 1829.

Et cependant M. de Bary s'accorde avec M. Fries pour rejeter le genre *Rhizopus* et appeler la plante *Mucor stolonifer;* mais c'est par de tout autres motifs. Admettant alors un polymorphisme reconnu aujourd'hui inexact, et regardant en conséquence tous les vrais *Mucor* comme de simples variétés d'une seule et même espèce : le *Mucor Mucedo*, laquelle embrassait jusqu'au *Thamnidium* et jusqu'au *Chœtocladium*, M. de Bary exprimait suffisamment la somme des caractères propres à la plante que nous considérons en en faisant, sous le nom de *Mucor stolonifer*, une véritable espèce, distincte du *M. Mucedo*. Il faisait de même pour le *Sporodinia* de Link et le *Syzygites* d'Ehremberg, qui formaient le *Mucor Syzygites*, pour le *Phycomyces* de Kunze, qui devenait le *Mucor Phycomyces*, pour notre *Spinellus*, enfin, qui était le *Mucor fusiger*.

Les recherches récentes, notamment celles de M. Brefeld et les nôtres, ayant établi que le polymorphisme de ces plantes, même dans la limite relativement assez restreinte où l'admettait M. de Bary, n'existe pas, et que les prétendues transformations auxquelles on avait cru assister dans les cultures sont dues simplement à l'impureté des semis, ce point de vue doit être désormais et définitivement abandonné. Le *Mucor Mucedo* de M. de Bary redevient alors, non-seulement le genre *Mucor* tout entier avec ses nombreuses espèces, mais encore il faut en séparer génériquement les *Thamnidium*, *Chœtocladium*, etc. En même temps et par une conséquence logique, les autres espèces admises par M. de Bary doivent être rétablies ou établies comme les types d'autant de genres distincts : *Phycomyces*, *Sporodinia*, *Rhizopus* et *Spinellus* (2). En ce qui concerne le *Rhizopus*, peut-être trouvera-t-on, dans l'existence des deux espèces nouvelles que je vais avoir à y décrire, un argument encore plus décisif en faveur de cette séparation.

---

(1) De Bary et Woronine, *Beiträge*, 2^{e} série, p. 25, 1866.

(2) En doit-il être de même pour le *Mucor macrocarpus* de Corda, ou bien cette

Rhizopus nigricans Ehr. — En en faisant mieux connaître les sporanges et les spores, mais surtout en en décrivant les zygospores et en indiquant les conditions physico-chimiques où il faut se placer pour les obtenir, le travail de M. de Bary a laissé peu de chose à faire sur cette Mucorinée si commune et en même temps si remarquable (1). Pour que le mycélium forme des zygospores, il faut, d'après M. de Bary, que sa végétation soit étouffée, c'est-à-dire que la combustion respiratoire dont il est le siége soit ralentie par manque d'oxygène dans l'atmosphère ambiante, condition que l'on réalise en cultivant la plante en vase clos. Il n'a pas pu observer toutefois la germination des zygospores ainsi obtenues.

Ayant appliqué à cette plante la méthode des grandes cultures pures et des cultures cellulaires, lui ayant fait produire ses zygospores à volonté et par milliers en me conformant aux indications de M. de Bary, j'ai pu, tout en vérifiant les résultats déjà obtenus, y faire quelques observations nouvelles. Je les signale brièvement ici; je crois utile de résumer en même temps les principaux caractères de la plante, en vue de sa comparaison avec les espèces nouvelles que j'aurai à décrire ensuite, et surtout en vue de l'établissement du caractère générique.

De forme sphérique ou largement ovale, mais un peu anguleuse, les spores mesurent en moyenne $0^{mm},014$ sur $0^{mm},011$. Leur protoplasma incolore est revêtu d'une membrane dont la couche externe (exospore), colorée en bleu ardoisé et plus tard en brun, est cuticularisée et munie de crêtes saillantes en forme de demi-méridiens. Semée en cellule dans l'eau pure, la spore ne germe pas; dans le liquide minéral sucré, elle pousse un tube

---

plante n'est-elle réellement qu'une espèce de *Mucor?* C'est ce qu'il m'est impossible de décider, n'ayant pas encore pu l'étudier.

(1) De Bary et Woronine, *Zur Kentniss der Mucorinen, II, Mucor stolonifer* (*loc. cit.*, p. 24).

bientôt ramifié, mais qui ne fructifie pas. Dans la décoction de crottin, les tubes mycéliens sont plus vigoureux et certaines de leurs branches se redressent en autant de filaments fructifères isolés, dépourvus de racines et dont les sporanges ne renferment qu'un assez petit nombre de spores, quelquefois jusqu'à deux ou trois ou même une seule, avec une columelle de plus en plus surbaissée; il ne s'y produit pas, en général, de stolons aériens. C'est dans le jus de fruits, notamment le jus d'orange, que le mycélium issu de la spore acquiert son plus grand développement; outre les tubes sporangifères isolés et sans racines directement portés par les branches plongées, il pousse alors obliquement dans l'air de la cellule de longs filaments ou stolons qui se renflent à leur sommet, fixés ou non contre la paroi, et s'y ramifient tout autour en un certain nombre de branches. Les branches d'un côté demeurent courtes, s'appliquent contre le corps solide si le sommet du stolon en a rencontré un, et se divisent en crampons. Celles de l'autre côté demeurent simples et s'allongent, les unes (1 à 5) en tubes sporangifères, roides et divergents, les autres (1 ou 2) en nouveaux stolons qui continuent la végétation aérienne.

Ces cultures cellulaires permettent de constater directement et d'étudier les mouvements dont le protoplasma est le siége dans les tubes mycéliens. Je n'y ai jamais observé que ces tubes formassent des chlamydospores, comme Coemans l'a publié (1) et comme l'admet aussi M. de Bary (2). Les conidies et les pycnides que Coemans a attribuées au *Rhizopus nigricans* sont aussi des productions étrangères (3).

Dans les grandes cultures faites sous des cloches de 10 centimètres de hauteur, avec des quartiers d'orange ou des morceaux de pain, comme milieu nutritif, on voit après quelques jours la face interne de la cloche couverte jusqu'au sommet de stolons rampants et de faisceaux de tubes sporangifères attachés au verre par leurs crampons; en outre, les stolons remplissent tout le volume de la cloche et se feutrent dans l'air en tous sens, produisant ici et là à leurs sommets, dépourvus cependant de points d'appui, des groupes de tubes sporangifères, munis chacun d'un pinceau de racines à sa base. Les stolons et les filaments sporangifères ne sont, on le sait, ni héliotropiques, ni géotropiques.

---

(1) Coemans, *Recherches sur le polymorphisme*, etc., 2e partie (*Bull. de l'Acad. de Belgique*, 2e série, t. XVI, p. 185, 1863).

(2) De Bary et Woronine, *Beiträge*, 2e série, p. 32.

(3) *Loc. cit.*, p. 183 et p. 186.

Groupés ainsi en faisceaux divergents qui en renferment ordinairement trois à six, quelquefois un seul, mais parfois aussi jusqu'à une dizaine, les filaments fructifères sont simples, sans cloisons, roides et leur hauteur demeure comprise entre 2 et 3 millimètres, car ils ne subissent pas d'accroissement intercalaire postérieurement à la formation du renflement sphérique qui les termine. La cloison qui sépare le sporange du filament s'insère à l'intérieur de la sphère, notablement au-dessus du point où celle-ci s'attache au tube; elle est voûtée dès l'origine en une large columelle globuleuse, qui se trouve ainsi portée sur le filament par l'intermédiaire d'un évasement conique en forme d'apophyse. Nous savons que ce mode d'insertion se présente aussi dans les *Spinellus*. Le protoplasma accumulé entre la columelle et la membrane externe se partage en un grand nombre de petites masses arrondies, qui deviennent autant de spores, d'abord incolores, bientôt bleu ardoisé, d'abord lisses, bientôt munies de crêtes cuticularisées; entre ces spores subsiste une matière hyaline. En même temps, la membrane externe, incrustée de granules d'oxalate de chaux, se résorbe complétement, et à la maturité les spores, unies entre elles et à la columelle par la substance interstitielle et recouvertes par la couche de granules calcaires, forment une masse noire au sommet du filament, en attendant que l'agitation de l'air ou le contact d'une goutte d'eau vienne les disperser.

Pendant la formation des spores on trouve dans les tubes fructifères, et aussi dans les stolons au voisinage de ces tubes, des cristalloïdes de mucorine, octaédriques, très-petits, souvent incomplets et à centre vide. Enfin la membrane du filament sporangifère, y compris la columelle et les crampons radiciformes, s'épaissit, se cuticularise et se colore d'abord en bleu noirâtre, plus tard en brun-chocolat plus ou moins foncé. Dans les petits fruits isolés et sans racines qui sont directement produits par le mycélium au début ou vers la fin de sa végétation, ou qui naissent çà et là sur les stolons, les spores ont la même dimension et la même structure, et la columelle offre le même mode d'insertion; seulement elle est naturellement d'autant plus surbaissée que le nombre des spores est plus faible. Même dans les plus petits sporanges, dispermes ou monospermes, la membrane se résorbe complétement à la maturité, ne laissant en place que ses granules d'oxalate de chaux.

Pour obtenir les zygospores de cette plante, j'ai suivi les indications générales données par M. de Bary. Un vase cylindrique à fond plat, préalablement lavé à l'eau bouillante, est rempli à moitié ou aux deux tiers de mie de pain frais; on arrose le pain avec quelques gouttes d'eau bouillie où l'on a délayé un sporange mûr de *Rhizopus nigricans,* et l'on bouche le vase. Les stolons se développent les jours suivants dans la partie libre et viennent fixer leurs faisceaux de tubes fructifères jusque sur la face inférieure du bouchon. Après une dizaine de jours, quand le mycélium s'est suffisamment étouffé lui-même par cette première végétation, il forme dans l'intérieur du pain et surtout entre le pain et la paroi de verre, un grand nombre de zygospores. Après deux ou trois semaines, le fond du vase est tapissé par une couche presque continue de grains noirs d'environ $0^{mm},2$ de diamètre et qui sont des milliers de zygospores, sur lesquelles j'ai pu vérifier point par point la description donnée par M. de Bary.

Les deux courts rameaux claviformes qui marchent à l'encontre l'un de l'autre pour se conjuguer, sont ici parfaitement droits, nullement arqués comme dans les *Phycomyces* et *Spinellus;* ils sont sensiblement égaux, mais l'une des cellules qui s'en détachent est constamment plus courte que l'autre, souvent moitié moins haute. Cette différence constante accuse ici, comme dans le *Pilaira Cesatii*, un commencement de sexualité, la plus petite cellule devant être considérée comme mâle, l'autre comme femelle. C'est sans doute à cause de cette différence sexuelle si nettement accusée, que l'on ne rencontre pas ici d'azygospores.

Après la fusion de ces deux corps protoplasmiques inégaux, pendant que la zygospore grossit en se revêtant finalement d'une exospore épaisse blanche, cartilagineuse et hérissée de tubercules, l'un des rameaux conjugués qui la porte se gonfle ordinairement beaucoup et prend une forme globuleuse avec un diamètre presque égal à celui de la zygospore, tandis que l'autre conserve sa taille et sa forme conique primitives. La membrane du premier brunit fortement, sauf certaines places allongées qui restent plus claires, comme dans le *Spinellus fusiger;* celle du second demeure pâle. Mais ces différences présentent tous les degrés, et parfois même elles ne s'accusent pas, les deux rameaux acquérant la même forme renflée, la même dimension et la même coloration brune. Elles ne m'ont pas paru non plus se produire constamment dans le même sens, comme l'affirme M. de Bary, d'après lequel c'est toujours le rameau correspondant à la plus petite des deux cellules conjuguées qui se développe et se renfle, tandis que celui qui porte la plus grande demeure conique. J'ai vu, en effet, l'un et l'autre cas se réaliser tour à tour. Je crois donc que ces différences dans le développement ultérieur des deux rameaux sont sans rapport avec la différenciation sexuelle et résultent simplement d'une nutrition inéquilatérale de la zygospore. Une fois formée, celle-ci se développe en effet aux dépens du protoplasma contenu dans les tubes mycéliens de droite et de gauche. Si l'afflux protoplasmique prédomine d'un côté, le rameau correspondant se gonfle davantage, et dans la mesure même de cette prédominance : c'est le cas le plus fréquent. Si l'afflux est sensiblement le même, les rameaux conservent, en se gonflant, leur similitude originelle. Le sens du phénomène dépend donc, non de la constitution de la zygospore elle-même, mais de la quantité de protoplasma nutritif disponible dans les tubes mycéliens de droite et de gauche.

Quand la zygospore est mûre et que la membrane morte des cellules conjuguées, qui continue de la revêtir en se moulant sur ses aspérités, est devenue complétement noire (1), on trouve, dans les rameaux qui la portent et surtout dans le plus développé des deux, de très-petits cristalloïdes octaédriques nageant dans le suc cellulaire. Ces cristalloïdes de mucorine se sont séparés ici sous la même influence que dans le tube fructifère pendant la formation des spores. La zygospore elle-même n'en renferme pas. L'huile qu'elle contient y est d'abord répandue en petites gouttelettes à la périphérie même, sous la membrane; à la maturité, elle se rassemble en grosses gouttes dans la région centrale. La zygospore atteint ordinairement $0^{mm},17$ à $0^{mm},22$.

Recueillies en grand nombre, exposées à une dessiccation de quelques jours, puis placées sur le porte-objet dans une goutte d'eau, ces zygospores n'avaient pas encore germé au bout de deux mois. Je n'ai donc pas été plus heureux que M. de Bary, et je dois laisser indécise la question de savoir si, comme il est probable, la zygospore produit en germant un simple tube fructifère court, ou s'il en sort un stolon développant à son extrémité un faisceau de pareils tubes avec un pinceau de crampons.

Rhizopus microsporus (fig. 46-48). — J'ai rencontré sur le crottin de cheval une Mucorinée à végétation rampante qui partage les caractères fondamentaux de l'espèce précédente. Son mycélium produit, en effet, des stolons qui se ramifient confusément au sommet et différencient leurs branches de manière à former : 1° un pinceau de radicelles; 2° quelques tubes fructifères dépourvus d'accroissement intercalaire ; 3° un nouveau stolon qui continue la végétation. La columelle globuleuse est largement insérée à l'intérieur de la sphère terminale et, par conséquent, portée sur le tube par une apophyse ; les spores noirâtres et de forme un peu anguleuse ont leur épispore sillonnée de crêtes cuticularisées. Enfin, la membrane du tube fructifère, y compris la columelle, et celle des crampons, au moins dans leur région non plongée dans le milieu nutritif, s'épaissit, se cuticularise et se colore d'abord en bleu noir, puis en brun-chocolat. C'est donc un *Rhizopus*. Mais elle présente avec le *Rhizopus nigricans* des différences constantes et caractéristiques, qui en font une espèce nettement distincte.

---

(1) M. de Bary considère à tort cette mince membrane noire, qui est parfaitement étrangère à l'œuf, comme étant l'*exospore;* l'épaisse membrane blanche cartilagineuse qui porte les tubercules forme pour lui l'*endospore*, dont la zone interne est nettement distincte. C'est cette couche cartilagineuse et blanche qui est en réalité l'exospore, et c'est sa zone interne qui constitue l'endospore.

Il n'y a habituellement qu'un seul tube fructifère au-dessus de chaque pinceau de radicelles, et un seul stolon part de la base de ce tube à angle droit avec le stolon précédent, de manière que la végétation se poursuit en zigzag. Quelquefois cependant on rencontre deux tubes fructifères, très-rarement trois. Le filament sporangifère n'atteint jamais un millimètre de hauteur; il a donc tout au plus le tiers de celui du *Rh. nigricans*. Il ne dépasse pas $0^{mm},8$; sa longueur habituelle est de $0^{mm},6$ ou $0^{mm},5$, rarement $0^{mm},4$. Les spores ont même couleur, même forme et même structure, mais elles sont beaucoup plus petites que celles du *Rh. nigricans*, dont elles atteignent à peine le tiers; elles mesurent en effet en moyenne $0^{mm},004$.

Tous ces caractères se sont maintenus constants dans mes cultures sur crottin bouilli, sur pain, sur orange. Ils distinguent nettement cette espèce que j'appelle, à cause de la petitesse de ses spores, *Rhizopus microsporus*.

Rhizopus minimus (fig. 49-51). — Le crottin de cheval m'a fourni encore une autre Mucorinée rampante et à fructifications presque microscopiques, présentant en commun avec la précédente tous les caractères que celle-ci partage avec le *Rh. nigricans*, à savoir : les stolons enracinés au sommet, l'absence d'élongation des tubes fructifères, l'insertion apophysaire de la columelle, la cuticularisation et la coloration noirâtre de la membrane du tube et de la columelle ; enfin la couleur bleuâtre ou brunâtre, la forme un peu anguleuse et les crêtes cuticularisées des spores. Par tous ces traits, c'est évidemment un *Rhizopus*.

Mais toute la plante est plus délicate et plus grêle encore que le *Rh. microsporus*, dont elle partage le mode de végétation en zigzag. Il n'y a jamais qu'un seul tube sporangifère au sommet de chaque stolon et le pinceau de crampons qui le fixe ne possède que deux à quatre courtes branches. Ensuite ce filament fructifère ne dépasse pas $0^{mm},3$ de hauteur et n'atteint ordinairement que $0^{mm},2$, ou même $0^{mm},1$. Il est microscopique. Les spores, plus petites encore que celles du *Rh. microsporus*, n'atteignent en moyenne que $0^{mm},003$.

Ces caractères sont demeurés constants dans les cultures que j'ai faites de cette plante sur du crottin bouilli, sur du pain, etc. Elle constitue donc une espèce bien distincte du *Rh. microsporus* et, à plus forte raison, du *Rh. nigricans*; je la nomme, à cause de la dimension microscopique de ses filaments fructifères, *Rhizopus minimus*.

Je n'ai pas encore pu observer les zygospores de ces deux espèces.

Si nous résumons maintenant les traits qui demeurent constants dans les trois espèces que nous venons d'étudier, et qui en outre n'appartiennent à aucun *Mucor*, nous aurons établi du même coup les caractères du genre *Rhizopus*. Ce sont : 1° les stolons rampants enracinés au sommet, où ils portent les filaments sporangifères, et à végétation indéfinie ; 2° les tubes fructifères dépourvus d'accroissement intercalaire et d'héliotropisme, cuticularisés et colorés avec leur columelle et leurs crampons ; 3° l'insertion apophysaire de la columelle ; 4° les spores un peu anguleuses recouvertes d'une exospore colorée et cuticularisée en crêtes. A quoi il faut ajouter peut-être la constante inégalité des deux cellules conjuguées.

En même temps qu'ils se séparent ainsi des *Mucor*, les *Rhizopus* se distinguent nettement aussi des *Phycomyces* et des *Spinellus* par plusieurs caractères, et notamment par la forme droite et non arquée des rameaux sexués.

SPORODINIA Link.

Sporodinia grandis Link (*Syzygites megalocarpus* Ehr.) (pl. 1, fig. 40-45).

Link a décrit en 1824 sous le nom de *Sporodinia grandis* une Mucorinée à filaments sporangifères dichotomes, parasite sur les grands Champignons charnus (1). Cinq ans plus tard, en 1829, Ehrenberg faisait connaître les zygospores de cette plante, mais sans comprendre, ni la vraie nature de ces corps reproducteurs qui sont pour lui des sporanges issus par voie de conjugaison, ni la commune origine qui rattache au *Sporodinia grandis*, en société duquel ils croissent, les filaments dichotomes qui les portent et dont il constituait un genre distinct sous le nom de *Syzygites megalocarpus* (2). C'est à M. Tulasne que l'on doit d'avoir, en 1855, rectifié à la fois ces deux erreurs, en montrant que les prétendus zygosporanges sont de simples zygospores et en émettant l'opinion que les filaments dichotomes sporangifères du *Sporodinia grandis* et les filaments dichotomes zygosporés du *Syzygites megalocarpus* ne sont que deux appareils reproducteurs différents d'un seul et même Champignon (3).

Il restait cependant à démontrer cette identité, soit en faisant germer la zygospore du *Syzygites* et en en obtenant les sporanges du *Sporodinia;* soit, au contraire, en semant les spores du *Sporodinia* et en reproduisant par voie de culture les zygospores du *Syzygites*. La première de ces preuves a été fournie en 1864 d'abord par Schacht (4), ensuite par M. de Bary (5) : tous deux ont vu la zygospore germante du *Syzygites* produire directement et sans mycélium l'appareil dichotome sporangifère du *Sporodinia*. La seconde a été donnée dans le même travail par M. de Bary (6). Ayant semé les spores du *Sporodinia* sur le chapeau charnu du *Russula rubra* et du *Lactarius quietus*, M. de Bary a vu se dresser tout d'abord, sur le mycélium qui en provient, un grand nombre de filaments dichotomes terminés en pointes stériles, mais produisant latéralement d'abondantes zygospores de *Syzygites*. C'est plus tard seulement qu'ont apparu, à la périphérie de la culture, quelques filaments isolés de *Sporodinia*.

---

(1) Link, *Species plant.*, VI, p. 94.

(2) Ehrenberg, *Verhandlung. der Gesellsch. Naturf. Freund. zu Berlin*, I, p. 98, 1829.

(3) Tulasne, *Comptes rendus*, XLI, p. 617, 1855.

(4) *Société de médecine et d'histoire naturelle du Bas-Rhin*. Compte rendu de la séance tenue à Bonn, le 7 avril 1864 (*Gazette de Cologne* du 1er juin 1864).

(5) De Bary, *Beiträge*, I, p. 74, 1864.

(6) *Loc. cit.*, p. 86.

Il est donc bien démontré que ces deux plantes n'en font qu'une, et le nom de *Syzygites megalocarpus* doit disparaître de la science. En outre, grâce au mémoire de M. de Bary, on peut dire que l'histoire du *Sporodinia grandis* est aujourd'hui complétement connue dans ses traits principaux.

Aussi me bornerai-je ici à rendre compte des quelques nouvelles observations de détail que j'ai pu faire en étudiant cette plante sous ses deux formes reproductrices, et en la cultivant dans le laboratoire sur les fruits de l'*Agaricus campestris*.

Sur le chapeau d'Agaric qui a été le point de départ de mes observations, les tubes dichotomes dressés et serrés côte à côte formaient une forêt brunâtre, composée exclusivement, dans sa région centrale, de filaments zygosporés terminés en pointes stériles; à la périphérie seulement, les filaments, stériles dans le bas, portaient sur leurs dernières dichotomies autant de sporanges globuleux. Quelques mots sur chacune de ces deux sortes de filaments qui procèdent du même mycélium intérieur.

Les dernières branches du filament dichotome sporangifère, courtes et gonflées en fuseau vers le milieu, se renflent en tête sphérique à leur sommet (fig. 40). La cloison du sporange vient s'insérer à l'intérieur de la sphère, notablement au-dessus de l'étranglement qui la sépare de la branche renflée. Elle est donc large, et la branche forme au-dessous d'elle une sorte d'apophyse comme dans les *Spinellus* et les *Rhizopus*. Voûtée dès l'origine, elle présente souvent de grosses proéminences irrégulières. Le protoplasma accumulé au-dessus de cette cloison se partage en un certain nombre de masses sphériques qui, se revêtant d'une membrane, deviennent autant de grandes spores; mais il laisse entre ces spores une matière hyaline et comme gélatineuse. La membrane du sporange, très-délicate et qui ne s'incruste pas d'oxalate de chaux, se résorbe complétement à la maturité et disparaît sans laisser même aucune trace de son insertion. Les spores, ainsi mises à nu, demeurent quelque temps en place, attachées ensemble et à la columelle par la matière interstitielle.

En même temps la columelle et aussi la membrane de l'apophyse, c'est-à-dire tout ce qui, après la destruction totale de la membrane du sporange, termine la branche jusqu'à l'étranglement, se colore en bleu violacé ; mais cette couleur passe bientôt au brun jaunâtre. Le filament tout entier se cuticularise aussi et se colore de la base au sommet en brun de plus en plus foncé, mais cette coloration laisse sur la membrane des bandes ou stries plus claires ; d'où une certaine ressemblance avec le filament également dichotome, brunâtre, strié et comme cannelé des *Piptocephalis*. D'abord continu, le filament prend souvent, mais pas toujours, des cloisons assez irrégulièrement espacées et assez rapprochées ; il y en a une notamment à la base de chaque branche. De là encore une analogie avec les *Piptocephalis*. Pendant la formation des spores et quelque temps après leur maturité, on constate, surtout dans les branches supérieures du filament, la présence de cristalloïdes de mucorine quelquefois incomplets. Il y en a de très-nettement octaédriques, et ce paraît être le plus grand nombre ; mais j'en ai vu aussi çà et là qui affectaient la forme des tables triangulaires tronquées.

Les spores mûres sont en général sphériques, mais de diamètre assez inégal dans le même sporange et compris entre $0^{mm},020$ et $0^{mm},035$; leur membrane est légèrement brunâtre et leur protoplasma finement granuleux et sombre. Semées en cellule dans le liquide minéral sucré, elles n'ont pas germé ; dans l'eau pure, elles ont poussé chacune, sans changer de volume, un tube cylindrique onduleux, mais ce tube s'est bientôt vidé en se cloisonnant. Dans la décoction de crottin, les tubes étroits s'allongent beaucoup en se ramifiant çà et là, et envoyant quelques branches dans l'air de la cellule ; ils paraissent très-vigoureux et présentent dans leurs granules protoplasmiques un mouvement très-net. Mais, au bout de quarante-huit heures, ils cessent de se développer, se vident et se cloisonnent à partir de la spore.

L'insuccès de ces cultures libres semble attester que le parasitisme de cette plante est nécessaire, et qu'il faut, pour la cultiver, en semer les spores sur un fruit de grand Champignon analogue à ceux où on la rencontre dans la nature. J'ai choisi l'*Agaricus campestris*, qui m'a donné de bons résultats et la facilité de les reproduire autant de fois qu'il a été nécessaire.

Une série de semis est instituée le 5 novembre sous de petites cloches qui renferment chacune un fruit d'Agaric ensemencé sur les lamelles. Quatre jours après, la température du laboratoire étant de 14 degrés, la surface de l'Agaric est déjà couverte d'une forêt de filaments dressés, dichotomes, d'un blanc sale, atteignant 12 à 15 millimètres de hauteur. Ces filaments hérissent tout aussi bien la face bombée du chapeau et même la région supérieure du pied que les lames où les spores ont été déposées; le mycélium a donc envahi en deux ou trois jours toute l'épaisseur du fruit. Ils n'offrent d'ailleurs ni accroissement intercalaire, ni héliotrophisme appréciables. Dès le lendemain, 10 novembre, c'est-à-dire cinq jours après le semis, on y voit apparaître les zygospores sous forme de petites taches fusiformes d'un blanc laiteux, et il s'en développe un nombre considérable les jours suivants. Les filaments qui occupent les bords du chapeau n'en produisent pas et demeurent stériles; c'est parmi ces derniers, qu'après les avoir cherchés en vain, j'ai vu apparaître, dix ou douze jours après le semis (15-17 novembre), quelques rares filaments sporangifères.

Ce résultat, qui s'est maintenu constant dans plusieurs séries de cultures sous cloches, s'accorde parfaitement avec celui qu'a obtenu M. de Bary. Mais dans certaines de ces cultures, il m'a été impossible de trouver même un seul tube sporangifère : c'étaient celles où la cloche, non soulevée, posait sur l'eau, et où l'oxygène de l'air confiné, absorbé à la fois par la respiration de l'Agaric et par celle de son parasite, ne pouvait pas se renouveler suffisamment. Si donc, dans ces cultures sous petites cloches, la plante produit surtout ou même exclusivement des zygospores, tandis que dans la nature on observe toujours les filaments zygosporés en société avec les filaments sporangifères, ou même ces derniers tout seuls, je crois qu'il faut en chercher la cause dans un ralentissement de la combustion respiratoire. Grâce à l'active respiration de la plante hospitalière, l'atmosphère de la cloche se trouve bientôt, en effet, ne contenir plus qu'une faible proportion d'oxygène, et l'on est ramené désormais précisément dans ces conditions de végétation étouffée où nous nous sommes placés pour obtenir en vase clos les zygospores du *Rhizopus nigricans*.

Pour former une zygospore, l'une des branches d'une certaine dichotomie et l'une des branches d'une autre dichotomie voisine, pouvant appartenir au même pied ou à des pieds différents, demeurent courtes, se renflent en massue, se recourbent en arc vers le bas, et marchent horizontalement l'une vers l'autre jusqu'à se toucher. Grâce à cette courbure, qui n'est pas sans rappeler celle des *Phycomyces* et des *Spinellus*, chacun des rameaux conjugués forme avec sa branche sœur normalement allongée un angle très-obtus, et avec le pied qui le porte un angle aigu. Ces deux rameaux renflés sont de tout point semblables et demeurent tels dans toute la durée du développement. Les deux cellules qui s'en séparent et qui, pour former la zygospore, fondent en un seul leurs deux corps protoplasmiques, sont aussi parfaitement égales; tout au plus ai-je remarqué quelquefois que l'une d'elles se sépare de son rameau un peu avant l'autre. La différence sexuelle est assez peu marquée ici pour ne s'accuser au dehors par aucun caractère appréciable; elle pourra donc être assez facilement rachetée en certains points par l'appareil végétatif. Aussi n'est-il pas rare, on le sait, quand les deux rameaux renflés n'ont pas pu s'allonger assez pour venir se souder l'un à l'autre, de voir les deux cellules en regard rajeunir séparément leurs corps protoplasmiques et produire chacune une azygospore hémisphérique. Les remarques que nous avons faites à ce sujet à propos du *Spinellus fusiger* s'appliquent ici dans les mêmes termes (fig. 43, 44 et 45).

Pendant que les zygospores ou les azygospores se forment et se nourrissent, on voit, dans le protoplasma des deux rameaux renflés et même des branches cylindriques qui les portent, se séparer un certain nombre de cristalloïdes de mucorine, toujours de forme octaédrique. Quand la zygospore est mûre, ces cristalloïdes nagent pendant quelque temps encore dans le suc cellulaire. On rencontre aussi des octaèdres dans les rameaux renflés assez nombreux qui, après s'être établis en contact, se sont arrêtés dans leur développement. La zygospore elle-même n'en renferme pas. Pendant son accroissement, l'huile qu'elle contient en abondance forme contre sa membrane une couche pépiphérique de petites gouttelettes; à la maturité, ces gouttelettes se ramassent en grosses gouttes au centre du protoplasma. Comme dans les *Rhizopus* et les *Mucor*, la membrane propre de la zygospore est blanche; et sa couche externe, épaisse et cartilagineuse (exospore), est hérissée, sur toute sa surface libre, de tubercules coniques sur lesquels se moule exactement la mince membrane noire qui provient des deux cellules conjuguées. Bien développée, la zygospore mesure ordinairement $0^{mm},3$, mais il y en a de beaucoup plus petites.

Les filaments dichotomes zygosporés, dont les dernières branches se terminent en poils stériles, se cuticularisent d'ailleurs, se colorent en brun de la base au sommet et se cloisonnent plus ou moins régulièrement, comme les tubes sporangifères eux-mêmes. La membrane de ces deux sortes de filaments, et aussi celle des tubes mycéliens, se colore en violet rougeâtre par l'iode seul, et cette coloration disparaît aussitôt quand on ajoute de l'acide sulfurique. La cellulose qui la constitue se rapproche donc beaucoup de l'amidon. Cette curieuse propriété a déjà été signalée par M. de Bary.

Quatre autres espèces de *Sporodinia* ont été caractérisées : l'une par Link (*Sp. carnea*), une autre par Corda (*Sp. dichotoma*), une autre par Wallroth (*Sp. candida*), la quatrième enfin par Montagne (*Sp. Bellemontii*). Ces espèces sont-elles bien réellement distinctes du *Sp. grandis*? C'est ce qu'il ne m'a pas été permis de décider jusqu'à présent (1).

Quoi qu'il en soit, par la nature de ses membranes qui deviennent violettes sous l'influence de l'iode seul, par la ramification dichotome de ses filaments dressés, par la structure des sporanges et par le mode de formation des zygospores, enfin par son parasitisme, le genre *Sporodinia* est bien nettement caractérisé par rapport à tous les autres genres qui constituent avec lui la tribu des Mucorées.

---

(1) Les plantes décrites par M. Bonorden sous les noms de *Nematogonium fumosum* et *N. simplex* sont bien certainement aussi des *Sporodinia*; sont-ce des espèces distinctes des précédentes? (Bonorden, *Handbuch der allgem. Mykologie*, p. 125.)

CIRCINELLA V. T. et L. M.

Circinella simplex sp. nov. (Pl. 2, fig. 52-54).

Dans notre premier mémoire, nous avons fait connaître sous le nom de *Circinella* un genre nouveau de Mucorinées, caractérisé par la courbure en crosse du filament fructifère au-dessous du sporange, par la persistance de la membrane de ce dernier, par une végétation sympodique indéfinie en manière de guirlandes, enfin par quelques autres traits accessoires. Nous avons étudié en même temps par voie de culture en grand et en cellule trois espèces de ce genre, faciles à distinguer notamment par le mode de groupement des sporanges, qui sont tantôt très-petits et associés en très-grand nombre pour former une tête sphérique (*C. glomerata*), tantôt plus grands, moins nombreux et disposés en une ombelle unilatérale (*C. umbellata*), tantôt enfin isolés, mais combinés chacun à un rameau stérile épineux (*C. spinosa*) (1).

J'ai rencontré depuis sur des excréments de chien, où ses filaments brunâtres atteignent à peine 2 à 3 millimètres de hauteur, une quatrième espèce de *Circinella*, qui, par ses sporanges isolés et totalement dépourvus de rameaux spiniformes, se montre de toutes la plus simplement organisée; je la nommerai donc *Circinella simplex*.

Une branche mycélienne se dresse dans l'air, atteint environ un demi-millimètre de hauteur, puis se courbe en crosse et se termine par un sporange sphérique réfléchi vers le bas. Sur le dos de la crosse prend bientôt naissance un rameau qui s'allonge d'abord verticalement, puis s'incurve à son tour, mais du côté opposé, et se termine aussi par un sporange réfléchi. Cette seconde crosse en forme une troisième, celle-ci une quatrième, et ainsi de suite, jusqu'à une quinzaine et même une vingtaine de fois dans les filaments les plus vigoureux. L'ensemble de ces crosses de génération successive, superposées en sympode et alternativement courbées vers la droite et vers la gauche, de plus en plus courtes et terminées par des sporanges de plus en plus petits à mesure qu'on s'élève et que la végétation s'épuise, forme une guirlande très-élégante, mais dont la longueur totale ne dépasse pas 3 millimètres. Cette guirlande se ramifie quelquefois, parce que sur la convexité d'une crosse ancienne il se fait en des points rapprochés deux crosses nouvelles. Dans toute sa longueur le filament est ordinairement dépourvu de cloisons; sa membrane, incrustée de granules d'oxalate de chaux, s'épaissit, se cuticularise et se colore en brun.

---

(1) Ph. Van Tieghem et G. Le Monnier, *Recherches sur les Mucorinées* (*Ann. des sc. nat.*, 5^e série, XVII, p. 298-311, fig. 18-53).

La cloison du sporange, relevée dès l'origine en une columelle cylindro-conique, s'insère à l'intérieur du renflement sphérique un peu au-dessus du point où celui-ci s'attache au filament recourbé; la columelle est donc portée par une petite apophyse évasée, et ce caractère, bien que n'ayant pas été explicitement énoncé dans notre premier travail, se retrouve aussi dans les autres espèces de *Circinella*. Entre la columelle qui devient brunâtre, et la membrane externe qui s'incruste d'oxalate de chaux, persiste et brunit aussi, la capacité du sporange est remplie par d'innombrables petites spores sphériques, bleuâtres vues en masse, incolores prises isolément et qui mesurent 0^{mm},003. La matière interstitielle hyaline, formée en même temps que les spores, paraît avoir complétement disparu à la maturité. Livrée à elle-même, la membrane du sporange est indéhiscente. Aussi trouve-t-on, longtemps après la maturité, les guirlandes brunes, rabattues sur le milieu nutritif, toujours garnies de chaque côté de sporanges parfaitement clos. Une légère pression exercée sur la lamelle qui couvre la préparation déchire irrégulièrement la membrane vers son sommet et fait échapper les spores.

Cultivée en grand sur du crottin bouilli et sur du pain, la plante s'est maintenue avec tous ses caractères et sans acquérir un développement plus élevé. Cette remarque est nécessaire, car en se reportant à notre premier mémoire (p. 308, fig. 35-49), on verra que le *Circinella spinosa* produit dans son jeune âge des guirlandes semblables, et que plus tard il termine de même ses filaments spinifères. Le *Circinella simplex* conserve indéfiniment cette simplicité d'organisation.

Faisons observer, en terminant, qu'il ne faut pas confondre le *Circinella simplex* avec un très-petit *Mucor* à développement sympodique, que j'ai rencontré assez fréquemment sur le crottin de cheval. Le filament n'y est pas normalement recourbé en crosse sous le sporange; mais la branche qui se développe au-dessous de ce dernier et alternativement à droite et à gauche pour continuer la végétation, le rejette chaque fois latéralement en imprimant à son pédicelle une courbure plus ou moins forte. On a donc finalement un sympode à articles de plus en plus courts et qui porte deux rangées de très-petits sporanges alternes. La membrane du sporange est diffluente; mais elle l'est de moins en moins à mesure qu'on s'élève sur le sympode, et les derniers sporanges de la guirlande sont indéhiscents. Enfin, les spores sont aussi très-petites, mais de forme ovale, et mesurent $0^{mm},004$ à $0^{mm},005$ de longueur sur $0^{mm},003$ de largeur. Ce *Mucor* est d'ailleurs très-remarquable par d'autres caractères qu'il ne convient pas de développer ici; à cause de sa ressemblance extérieure avec un *Circinella*, je le nomme *Mucor circinelloides*.

IV

TRIBU DES MORTIÉRELLÉES.

La tribu des Mortiérellées ne renferme jusqu'ici que le seul grand genre *Mortierella*. Ses caractères se confondent donc avec ceux de ce dernier.

MORTIERELLA Coemans.

Mortierella tuberosa sp. nov. (fig. 55-62). — *Mortierella pilulifera* sp. nov. (fig. 63-69). — *Mortierella strangulata* sp. nov. (fig. 70-76). — *Mortierella biramosa* sp. nov. (fig. 77-81).

Nos premières recherches ont fait connaître la remarquable structure et la végétation rampante du mycélium des *Mortierella*.

Issus d'une spore, d'une stylospore ou d'une chlamydospore, les tubes mycéliens tortueux se ramifient d'abord suivant le mode penné à l'intérieur du milieu nutritif, en formant çà et là, le long des branches principales, des rameaux très-divisés et effilés en radicelles. Plus tard certaines branches principales quittent le milieu nutritif, s'allongent dans l'air et rampent au loin sur toutes les surfaces humides qu'elles rencontrent et même sur l'eau ; elles sont droites alors, ont une membrane plus épaisse et plus résistante, se ramifient de loin en loin par dichotomie terminale en forme de diapason et ne portent plus de rameaux radicellaires. Aussi bien dans la région centrale, où ils sont plongés dans le milieu nutritif, tortueux, très-rameux et très-enchevêtrés, que dans la région périphérique où ils rampent dans l'air en ligne droite et en se bifurquant, les tubes mycéliens s'unissent fréquemment ensemble par des branches d'anastomose qui permettent au protoplasma de passer rapidement et en tous sens d'un point à un autre. Ces anastomoses ont lieu tout aussi bien entre les branches issues de spores différentes de la même espèce qu'entre celles qui procèdent d'une seule et même spore ; les divers myccéliums simples qui végètent côte à côte dans le même milieu nutritif s'unissent donc en un mycélium complexe. Les filaments qui rampent sur les corps humides et sur l'eau forment ainsi une véritable toile du blanc le plus pur et le plus mate, qui s'accroît par sa périphérie et se répand de proche en proche tout autour du milieu nutritif jusqu'à couvrir parfois un espace de plusieurs décimètres carrés d'étendue.

Le protoplasma de ces tubes a aussi un aspect particulier et une composition chimique spéciale. Il est blanc, homogène ou renfermant un petit nombre de granules sombres qui y sont en mouvement très-net, et il ne paraît pas se creuser plus tard et se diviser en protoplasma pariétal et suc cellulaire. Quand les tubes vieillissent, il disparaît progressivement en se diluant uniformément, s'ils sont plongés, ou en se dissociant d'abord en disques irréguliers, séparés par des index aqueux et qui se dissolvent peu à peu, s'ils sont aériens et rampants. La composition chimique particulière du protoplasma s'accuse au dehors par une odeur forte *sui generis*, comme alliacée, qui permet de reconnaître aussitôt la présence d'une de ces plantes dans les mélanges. Cette odeur est plus ou moins accusée suivant les espèces; très-forte dans le *M. candelabrum*, elle est à peine sensible dans le *M. tuberosa*.

Enfin, quoique d'un diamètre variable suivant les qualités nutritives du milieu, ces tubes sont toujours beaucoup plus étroits que ceux des Mucorinées des tribus précédentes.

Ce faible diamètre des tubes mycéliens, mais surtout les anastomoses qu'ils contractent et les propriétés toutes différentes du protoplasma qu'ils renferment, font des *Mortierella* non-seulement un genre distinct, mais le type d'une tribu spéciale beaucoup plus profondément séparée des deux précédentes que celles-ci ne le sont entre elles, le type par conséquent d'une section principale de la famille des Mucorinées, l'autre section comprenant à la fois la tribu des Pilobolées et celle des Mucorées.

Pour mettre en pleine évidence la grande différence de composition qui existe entre le protoplasma des *Mortierella* et celui des Pilobolées et des Mucorées, il suffit d'ailleurs d'anticiper un peu sur la suite de ce travail, et de dire comment se comportent vis-à-vis de ces diverses plantes certains parasites nécessaires, appartenant soit à une autre tribu de la même famille, comme les *Piptocephalis*, soit à une famille très-différente, comme le *Dimargaris*. Semé en cellule avec une spore de Pilobolée ou de Mucorée quelconque, le *Piptocephalis* s'attache aux tubes mycéliens de la plante et s'en nourrit. Semé de même avec une spore de *Mortierella*, il ne se développe pas plus que s'il était seul, et son tube peut longer et croiser même en le touchant un tube de *Mortierella*, sans qu'il s'y fixe en aucune façon. Semé avec deux spores, l'une de Pilobolée ou de Mucorée, l'autre de *Mortierella*, il se fixe aux tubes de la première plante, en respectant complétement ceux de la seconde. Le *Dimargaris* se comporte de la même manière.

Ainsi constitué, ce mycélium a une végétation indépendante, et il est très-facile d'obtenir, soit en cellule, soit en grand sur crottin bouilli, des cultures de *Mortierella* parfaitement pures et très-vigoureuses. Cependant, quand il vit en société de Pilobolées et de Mucorées, on voit souvent ses filaments aériens venir ramper à la surface des tubes fructifères de ces plantes; là, certaines branches se renflent en massue à leur extrémité, s'appliquent étroitement contre la membrane, la percent et enfoncent dans le protoplasma un court stylet. Celui-ci se gonfle à son sommet et s'y divise en tubes rayonnants qui se développent et se ramifient en tous sens dans le filament nourricier, qu'ils finissent par remplir complétement. Le *Mortierella* vit alors en parasite; j'ai vu notamment plusieurs fois le *M. polycephala* ravager ainsi de belles cultures de *Pilobolus crystallinus* et de *P. roridus*. Mais ce parasitisme est purement facultatif et les *Mortierella* s'en passent aisément, bien plus aisément que les *Syncephalis* qui jouissent d'un parasitisme de même ordre.

Sur ce mycélium anastomosé, et principalement sur ses filaments aériens rampants, se développent les organes reproducteurs de la plante, et l'on en tire, pour séparer cette tribu des deux précédentes, des caractères non moins tranchés que ceux du mycélium. En tant qu'ils sont connus jusqu'à ce jour, ces organes reproducteurs sont de trois sortes : 1° des tubes sporangifères; 2° des chlamydospores aériennes, pédicellées, à membrane épaisse et échinée, que pour abréger je nommerai *stylospores;* 3° des chlamydospores proprement dites, situées à l'intérieur du milieu nutritif, sur le trajet des tubes mycéliens et à membrane lisse.

Ces dernières chlamydospores ne sont que de simples condensations locales du protoplasma, revêtues d'une membrane propre et mises en liberté par la destruction des tubes où elles se sont formées. Elles se développent par insuffisance de nutrition, soit que le milieu se trouve par lui-même peu nutritif, soit que les tubes s'y pressent et s'y enchevêtrent en trop grand nombre. Dans ces conditions, toutes les espèces paraissent capables d'en former.

Les stylospores échinées sont des corps reproducteurs plus perfectionnés. Ils couvrent souvent seuls et en quantité énorme de grandes étendues de mycélium rampant, auquel ils donnent un aspect blanc neigeux ; quelquefois même ils règnent exclusivement sur des cultures entières. Ils se développent quand le mycélium rampant, abondamment nourri et très-vigoureux, presse, feutre et anastomose ses filaments en une toile épaisse, dont l'active respiration diminue bientôt la proportion d'oxygène contenue dans l'atmosphère confinée où végète la plante. Dans ces conditions de végétation exubérante et étouffée, toutes les espèces produisent cette sorte de corps reproducteurs ; mais comme elles sont loin d'acquérir toutes la même vigueur dans le même milieu, certaines pourront former des chlamydospores échinées dans des circonstances où d'autres n'en produiront pas. Ces stylospores germent immédiatement. L'exospore échinée se rompt en un point et une grosse ampoule sphérique s'échappe d'abord par l'ouverture ; puis tout autour de cette ampoule prennent naissance un certain nombre de gros tubes qui s'allongent en se ramifiant et en s'amincissant, et forment un puissant mycélium. De pareilles stylospores ne se trouvent ni dans les Pilobolées, ni dans les Mucorées ; elles sont un des traits les plus caractéristiques des *Mortierella*.

Les tubes sporangifères se développent sur les branches rampantes du mycélium aérien, quand ces branches, n'étant ni trop serrées ni trop enchevêtrées, peuvent respirer à l'aise, et trouver dans l'atmosphère qui les entoure une quantité suffisante d'oxygène à consommer. Leur formation est précédée et annoncée par une accumulation locale de protoplasma, qui constitue un réservoir nutritif plus ou moins abondant suivant la dimension des fructifications à produire, c'est-à-dire suivant l'espèce que l'on considère. Pour constituer ce réservoir, le plus souvent c'est une courte branche, issue d'une entrefourche rampante, qui se dichotomise plusieurs fois de suite, en des points très-rapprochés et dans le plan d'appui ; il se forme ainsi une sorte de rosette aplatie dont les tubes rayonnants, courts et gros, accumulent une grande quantité de protoplasma sombre et finement granuleux. Cette provision faite, une (ou plusieurs) des branches de la rosette se dresse perpendiculairement au plan d'appui, se renfle beaucoup, et s'allonge en s'amincissant en cône au sommet pour former le tube sporangifère. Tout le protoplasma mis en réserve passe dans ce tube au fur et à mesure qu'il s'accroît, et finalement toutes les branches de la rosette, entièrement vidées, ne jouent plus que le rôle de crampons pour fixer solidement le filament fructifère à son support et lui donner une large base de sustentation.

Dans plusieurs espèces, qui exigent une plus grande provision de protoplasma (*M. strangulata*), les tubes rayonnants qui forment le réservoir nutritif se divisent dans tous les sens un grand nombre de fois, de manière à former une sorte de pelote ou de coussin épais, du centre duquel s'échappe le gros filament sporangifère. Chez d'autres enfin, plus développées encore, les branches, au lieu de s'épaissir uniformément en larges doigts de gant, se renflent soit à leur sommet, soit en un point de leur parcours, en très-grosses sphères remplies de protoplasma sombre, et disposées côte à côte en plus ou moins grand nombre, comme des œufs dans un nid. Cela fait, une branche se dresse entre ces sphères et les vide toutes pour former le filament sporangifère. C'est de cette façon que les choses se passent dans les deux plus grandes espèces du genre, les *M. tuberosa* et *pilulifera*. Par cette condensation locale du protoplasma dans un réservoir nutritif, précédant le développement du tube sporangifère et totalement épuisé par lui, les *Mortierella* ressemblent aux *Syncephalis*, sur lesquels nous reviendrons tout à l'heure. Dans les deux tribus précédentes, on ne trouve quelque chose d'analogue que chez les *Pilobolus*, les *Rhizopus* et les *Chætocladium*.

Ainsi dressé sur cette base qui le nourrit d'abord et le soutient ensuite, le filament sporangifère, brusquement dilaté dans sa région inférieure, s'effile progressivement au sommet, puis se termine par un renflement sphérique. Il atteint une hauteur qui varie, suivant les espèces, de $0^{mm},150$ (*M. reticulata*) à 30 millimètres (*M. tuberosa*) et qui est due tout entière à l'accroissement terminal, car le tube ne subit pas d'allongement intercalaire et il n'est pas non plus doué d'héliotropisme. La cloison qui ferme le sporange s'insère exactement au point où le renflement sphérique s'attache au filament qui le porte ; elle est donc très-étroite, et de plus elle n'est pas relevée vers le haut en une columelle, comme c'est toujours le cas dans les deux tribus précédentes, toutes les fois que le sporange est polysporé. Il en résulte que la cavité du sporange est réellement sphérique. Le protoplasma s'y partage, avec ou sans formation préalable de noyaux, en un grand nombre de spores et en une matière interstitielle hyaline, de consistance gélatineuse et souvent très-développée. A la maturité, la membrane du sporange, mince et parfaitement transparente, nullement incrustée d'oxalate de chaux, comme c'est le cas presque constant dans les deux tribus précédentes, se trouve en général complétement résorbée. Ainsi mises à nu, les spores demeurent agglutinées par le protoplasma interstitiel en une masse sphérique tenue en équilibre au sommet du filament. Dans quelques espèces cependant, la région inférieure de la membrane, un peu plus épaissie, subsiste à la maturité et se rabat le long du filament en forme de manchette plissée, phénomène qui est surtout très-marqué dans le *M. strangulata*.

Totalement exempte d'oxalate de chaux et parfaitement hyaline, la membrane du filament se cuticularise de bas en haut et devient rigide, de façon que le tube fructifère peut demeurer dressé sur sa base de crampons pendant des mois entiers, surmonté tantôt d'une goutte d'eau enveloppant les spores (petites espèces), tantôt d'un globule d'aspect trouble et laiteux formé des spores agglutinées par la substance interstitielle (grandes espèces). En même temps cette cuticularisation de la membrane rend le tube dichroïque ; incolore dans la lumière transmise, il paraît coloré en brun dans la lumière réfléchie, effet qui est surtout marqué dans les grandes espèces, comme le *M. tuberosa*. En général il ne se fait pas de cloisons dans le tube fructifère ; les deux plus grandes espèces (*M. pilulifera* et *tuberosa*) en forment cependant quelques-unes assez irrégulièrement disposées, mais assez constantes. Les cristalloïdes y sont peu nombreux, très-petits et assez difficiles à rencontrer. J'en ai vu de bien nettement octaédriques dans les tubes des *M. tuberosa* et *strangulata* ; le *M. polycephala* m'en a montré quelques-uns en forme de tables triangulaires tronquées.

Les spores mûres, de dimension assez inégale dans le même sporange, ont un protoplasma et une membrane incolores. Le premier contient quelquefois un noyau distinct, et ce noyau existe alors dans toutes les spores d'un même sporange; mais souvent aussi il n'en possède pas. La seconde présente une exospore hyaline, souvent lisse et très-mince, quelquefois plus épaisse et munie de pointes ou de bandelettes en réseau (*M. echinulata*, *reticulata*). En germant, la spore grossit, mais d'autant moins que son exospore est plus épaisse. Quand elle peut se gonfler uniformément, elle émet ensuite directement un ou plusieurs tubes mycéliens; quand elle en est empêchée par son exospore, elle la brise en un point, projette en dehors par l'ouverture une grosse ampoule blanche, et c'est de cette ampoule que partent ensuite et à la fois plusieurs gros tubes mycéliens. Dans les mêmes conditions d'exospore, la sporangiospore germe donc absolument de la même manière que la stylospore. Dans tous les cas, il y a une nutrition préalable du protoplasma, avant la formation des tubes.

En résumé, par les propriétés remarquables et notamment par les anastomoses de ses filaments mycéliens, par ses stylospores échinées, par le mode de formation et la structure de ses tubes sporangifères dépourvus de columelle, le genre *Mortierella* s'éloigne considérablement de tous ceux qui composent les tribus précédentes. Il forme le type d'une tribu distincte, qui diffère des Mucorées et des Pilobolées beaucoup plus que celles-ci ne diffèrent entre elles.

C'est d'ailleurs un grand genre, appelé certainement à se développer beaucoup par la suite et peut-être à se subdiviser en plusieurs genres distincts. Notre premier mémoire en a fait connaître trois espèces nouvelles (*M. simplex*, *reticulata*, *candelabrum*). En les joignant au *M. polycephala* de Coemans et au *M. echinulata* de M. Hartz, le genre se trouvait alors représenté par cinq espèces. Depuis, j'en ai découvert quatre autres. Je vais les caractériser brièvement ici, et je ferai voir, en terminant, comment ces neuf espèces permettent d'établir dans le genre quatre sections naturelles, où viendront se ranger probablement toutes les formes spécifiques encore inconnues aujourd'hui.

Mortierella strangulata (fig. 70-76). — Le mycélium rampant de cette espèce présente les dichotomies en diapason séparées par de longues entrefourches et les anastomoses caractéristiques du genre (fig. 72 et 76, *a*) ; mais ses tubes sont plus gros et leur paroi plus épaisse et plus solide que dans aucune autre espèce. Au bout de six jours, il s'échappe du crottin bouilli où l'on a déposé les spores et commence à fructifier sur les bords de la soucoupe poreuse ; les jours suivants il redescend le long de la face externe, s'étend en forme de toile à la surface de l'eau qui baigne la soucoupe, et enfin après quinze jours il est remonté sur le bord opposé de l'assiette. Chemin faisant, il se couvre d'innombrables tubes isolés, de 1 à 2 millimètres de hauteur, formant un gazon serré et terminés chacun par une sphère d'un blanc laiteux (fig. 70). Par ce mode de végétation et de fructification, on croirait au premier coup d'œil avoir affaire à un *Syncephalis*.

Pour former une fructification, une courte branche latérale, produite sur le trajet d'une entrefourche mycélienne, se dichotomise un grand nombre de fois en des points très-rapprochés et dans des plans différents, de manière à former un amas de gros tubes rayonnants, bourrés de protoplasma granuleux (fig. 72, *b*). Un peu plus tard, un des nombreux tubes de ce tubercule blanc, situé vers le centre, se dresse perpendiculairement en se renflant d'abord énormément, puis en s'amincissant progressivement en cône au sommet au fur et à mesure qu'il s'allonge. Quand il a acquis environ $0^{mm},800$ à 1^{mm} de hauteur, la pointe extrême du cône se renfle en un bouton sphérique (fig. 71) qui va grossissant jusqu'à former une sphère de $0^{mm},080$ à $0^{mm},120$ de diamètre. Cette sphère paraît simplement posée sur le sommet arrondi du cône ; en d'autres termes, le filament est brusquement étranglé au-dessous du sporange, et c'est de ce caractère singulier et tout à fait constant, que j'ai tiré le nom de l'espèce : *Mortierella strangulata* (fig. 72).

Il suffit donc d'une toute petite cloison plane dans cet étranglement pour fermer le sporange. La membrane du tube s'épaissit notablement dans cette région étranglée et l'épaississement brillant se rejoint souvent au-dessous de la cloison. La membrane hyaline du sporange s'épaissit aussi dans sa région inférieure; elle ne s'y dissout pas à la maturité, comme elle le fait dans sa moitié supérieure, mais persiste en forme de large cupule soutenant à la fois les spores et la matière mucilagineuse qui s'est formée en même temps qu'elles et qui les tient agglutinées en un globule blanc, opaque et laiteux (fig. 74). Quand on place le tube sporangifère dans l'eau pour l'étudier, cette cupule membraneuse se rabat souvent en forme de manchette plissée, entraînant avec elle les spores agglutinées qui forment une sorte d'étui autour du sommet du filament (fig. 73).

Les spores, incolores et parfaitement homogènes sans exospore distincte, sont inégales de grandeur et irrégulières de forme dans le même sporange. Mais elles ont le plus souvent trois pointes obtuses, et par conséquent une forme triangulaire tout à fait caractéristique, avec un côté plus grand que les deux autres (fig. 75); quelquefois deux pointes seulement, et alors ovales ou fusiformes; parfois aussi quatre pointes, et alors quadrangulaires. Çà et là, comme dans tous les *Mortierella*, on en trouve une beaucoup plus grosse que toutes les autres, de forme bizarre, allongée ou réniforme. La dimension ordinaire des spores de forme triangulaire est de $0^{mm},009$ sur $0^{mm},006$.

Après la maturité du sporange, le tube qui, pour 1^{mm} de hauteur mesure $0^{mm},075$ de diamètre à la base, $0^{mm},025$ au sommet au-dessous de l'étranglement et seulement $0^{mm},008$ au niveau même du rétrécissement, se trouve rempli d'un protoplasma creusé de vacuoles et d'aspect crémeux, où l'on distingue çà et là quelques petits cristalloïdes de forme octaédrique, parfois incomplets. Plus tard il se vide plus ou moins complétement. Il ne s'y fait ni branches latérales, ni cloisons. De leur côté, les tubes serrés du coussinet basilaire se sont déjà vidés progressivement en fournissant la grande quantité de protoplasma nécessaire à la formation du filament sporangifère.

On trouve, en outre, sur le mycélium, aux endroits où il est le plus serré et le plus enchevêtré, quelquefois autour des bases mêmes des tubes sporangifères, des stylospores échinées. Elles sont parfaitement sphériques, mesurent $0^{mm},018$ à $0^{mm},020$, et leur membrane est hérissée de fines pointes ou aiguilles très-rapprochées (fig. 76). Elles diffèrent nettement de celles des *M. polycephala* et *simplex*, mais se distinguent difficilement de celles du *M. candelabrum* (1).

La plante que nous venons de décrire a été trouvée à deux reprises sur des excréments de rat. Je l'ai cultivée abondamment en grand sur du crottin bouilli et en cellule dans la décoction de crottin.

Semée en cellule sur le jus d'orange, la spore n'a pas germé. Dans la décoction de crottin, elle germe immédiatement. Elle se gonfle d'abord, efface ses angles et devient sphérique en atteignant $0^{mm},020$, c'est-à-dire trois fois sa dimension primitive. Puis elle émet le plus souvent trois ou quatre gros tubes tortueux qui s'amincissent bientôt en se ramifiant, et continuent ensuite à s'allonger avec ce diamètre réduit. Après quarante-huit heures, ils dépassent le bord de la goutte et rampent dans l'air; ils ont contracté déjà de nombreuses anastomoses, mais ils sont toujours, y compris la spore elle-même, totalement remplis par un protoplasma homogène avec des granules petits et peu nombreux, qui se meuvent activement dans la masse, montant d'un côté pour redescendre sur la face opposée. C'est apès six à sept jours seulement que les branches aériennes, rampantes ou libres, commencent à former sur leurs flancs les palmures dichotomes qui doivent servir de bases aux tubes sporangifères, mais dont la plupart demeurent stériles et se vident faute de nourriture suffisante, tandis que quelques-unes seulement dressent un tube et le mènent à bonne fin. Le développement est donc beaucoup plus lent que celui des *Mucor*, ce qui s'explique par la grande quantité de protoplasma que le mycélium doit d'abord fabriquer dans ses tubes, puis accumuler dans ses réservoirs, pour suffire à l'énorme dépense exigée par la fructification.

---

(1) Les stylospores (chlamydospores aériennes, pédicellées et échinées), sphériques, de $0^{mm},016$ à $0^{mm},020$ de diamètre, et munies de fines pointes, que nous avons signalées dans notre premier mémoire (*loc. cit.*, p. 362) comme se rattachant probablement au *M. candelabrum*, lui appartiennent bien réellement. J'ai pu m'en assurer depuis et à plusieurs reprises sur de grandes cultures pures.

Mortierella pilulifera (fig. 63–69). — Comme la précédente, cette espèce a le tube sporangifère simple; mais, au lieu d'être brusquement étranglé sous le sporange, il y est au contraire progressivement évasé (fig. 64 et 65); la cloison est donc assez large, un peu convexe vers le haut et souvent épaissie au centre en un bouton brillant. Mais ce n'est là qu'une des nombreuses différences qui séparent ces deux plantes.

Le mycélium rampant et dichotome s'échappe également du milieu nutritif où l'on a semé les spores, pour venir dresser sur le bord de la soucoupe, ou sur l'eau qui la baigne, ses tubes sporangifères isolés. Grêles et délicats, ceux-ci s'élèvent à une hauteur de 5 millimètres environ (fig. 63) et se terminent par un assez petit sporange clair, dont la membrane se résorbe totalement à la maturité en ne laissant autour de la cloison qu'une petite collerette rabattue (fig. 65). Les spores, agglutinées par une matière interstitielle gélatineuse, sont ovales et mesurent $0^{mm},007$ à $0^{mm},009$ de longueur sur $0^{mm},004$ à $0^{mm},005$ de largeur (fig. 67). Après la maturité du sporange, le tube renferme encore quelques cristalloïdes octaédriques; mais bientôt on n'y voit plus qu'un liquide hyalin et quelques cloisons s'y développent, surtout dans la région inférieure. Sa membrane s'est cuticularisée en même temps de bas en haut et roidie; aussi, quoique parfaitement incolore et très-mince, présente-t-elle au microscope un contour noir et des reflets irisés.

Mais ce qui distingue cette espèce, mieux encore que sa grande taille et la forme de ses spores, c'est la façon dont s'y accumule le protoplasma destiné à passer plus tard dans le tube fructifère. La branche rameuse insérée sur le filament dichotome rampant, au lieu de grossir uniformément tous ses rameaux comme dans les espèces précédentes, les renfle en grosses sphères, soit à leur sommet, soit en un point quelconque de leur parcours. Toutes ces pilules, remplies d'un protoplasma très-sombre et plus ou moins rapprochées, sont réunies entre elles par les branches et les portions de branches demeurées grêles. Un peu plus tard, un de ces rameaux grêles, qui peut terminer directement une de ces grosses sphères, ou partir d'une des branches qui les relient, se dresse verticalement en se renflant beaucoup, et forme le tube fructifère. Au fur et à mesure que le tube s'allonge en s'amincissant au sommet, le protoplasma des pilules voisines de sa base se dissout de la périphérie au centre, et celles-ci prennent finalement l'aspect de sacs vides, à membrane brunâtre et ridée. C'est de cette forme du réservoir nutritif que j'ai tiré le nom de l'espèce : *Mortierella pilulifera* (fig. 66).

Je l'ai rencontrée d'abord sur des excréments de lapin. Je l'ai cultivée ensuite en grand sur du crottin de cheval bouilli et en cellule dans la décoction de crottin. Dans les cultures en grand, les fructifications n'apparaissent que sept à huit jours après le semis; la lenteur du développement s'explique ici, comme dans le *M. strangulata*, par la grande provision de protoplasma à assimiler et à rassembler. En cellule, la germination des spores s'opère d'une façon très-curieuse qui peut servir à caractériser l'espèce. La spore se gonfle d'abord en demeurant ovale jusqu'à acquérir $0^{mm},020$ sur $0^{mm},016$, c'est-à-dire trois fois environ les dimensions primitives. Puis elle émet à chaque bout un tube presque aussitôt bifurqué, et dont chaque branche se dichotomise bientôt à son tour dans un plan perpendiculaire, et ainsi de suite plusieurs fois; après quoi les tubes s'allongent en tous sens pour former un mycélium feutré et anastomosé. L'aspect de ces germinations dichotomes est tout à fait caractéristique. C'est seulement six jours après le semis, que les grosses sphères sombres ou pilules commencent à se former çà et là sur le mycélium, pour alimenter les fructifications qui se dressent en ces mêmes points et qui mûrissent les jours suivants.

Mortierella tuberosa (fig. 55-62). — Le tube fructifère de cette espèce atteint jusqu'à 3 centimètres de hauteur (fig. 55); c'est le plus grand des *Mortierella* connus jusqu'à présent, et au premier abord il offre l'aspect d'un *Mucor*. Mais comme le *M. pilulifera*, il est dépourvu d'héliotropisme.

Sa base d'abord très-grêle, puis brusquement renflée, s'échappe d'entre un amas d'énormes sphères pleines d'un protoplasma très-sombre et qui se vident de dehors en dedans au fur et à mesure qu'il s'allonge. Plus grosses que dans l'espèce précédente et plus rapprochées, ces sphères sont ici de véritables tubercules blancs, visibles à l'œil nu et serrés côte à côte comme un tas de petits œufs. De là le nom spécifique *Mortierella tuberosa* (fig. 59).

A mesure qu'il s'allonge, le tube fructifère s'atténue lentement, puis il se dilate légèrement avant de se renfler au sommet. La cloison basilaire du sporange est donc assez large, un peu convexe, et surmontée d'un bouton brillant quelquefois bifurqué (fig. 56). Les spores, développées à l'intérieur du sporange en même temps qu'une abondante matière mucilagineuse hyaline qui en occupe les interstices, sont, comme dans tous les *Mortierella*, un peu inégales de grandeur et irrégulières de forme; mais la forme de beaucoup prédominante est ovale-allongée, avec $0^{mm},011$ à $0^{mm},016$ de longueur sur $0^{mm},006$ à $0^{mm},008$ de largeur. Elles sont par conséquent notablement plus grandes que celles du *M. pilulifera* (fig. 60). A la maturité, la membrane du sporange se dissout plus ou moins complétement; mais sa région inférieure un peu épaissie subsiste souvent, et, quand on étudie le tube dans l'eau, elle se rabat en forme de manchette plus ou moins large autour du sommet du filament (fig. 57 et 58); en même temps le mucilage interstitiel se gonfle beaucoup et disperse les spores.

Le filament sporangifère ne contient plus alors qu'un liquide hyalin où nagent quelques cristalloïdes octaédriques, et il s'y est formé un plus ou moins grand nombre de minces cloisons, assez irrégulièrement disposées et quelquefois rapprochées deux par deux (fig. 57). En même temps sa membrane s'est cuticularisée de bas en haut, a pris de la rigidité, et quoique parfaitement incolore, elle offre des reflets colorés. Le tube tout entier prend ainsi dans la lumière réfléchie un ton brunâtre, qui contraste avec le globule blanc laiteux qui le termine. Celui-ci se compose des spores agglutinées par la matière interstitielle gélatineuse en une masse compacte, soutenue par la région inférieure persistante de la membrane du sporange. Grâce à sa rigidité, le tube peut demeurer ainsi pendant six semaines ou deux mois dressé verticalement dans l'atmosphère humide où il s'est développé, et surmonté toujours de son globule laiteux. Pendant ce temps, il arrive que les spores germent sur place au sommet du filament en feutrant leurs tubes à travers le mucilage qui les enveloppe. Il arrive aussi que certains Champignons parasites se développent dans les globules laiteux, s'en nourrissent et leur donnent peu à peu une teinte jaune, puis verdâtre.

Cette rigidité et cette persistance du filament sporangifère, qui demeure dressé et continue de porter ses spores alors que le mycélium qui l'a produit a depuis longtemps disparu, est une propriété qui se retrouve ainsi dans toutes les espèces de *Mortierella*, depuis la plus petite (*M. reticulata*) jusqu'à la plus grande (*M. tuberosa*).

J'ai rencontré cette grande et belle espèce à plusieurs reprises sur les excréments de rat. Je l'ai cultivée ensuite, tant en grand sur du crottin de cheval bouilli, qu'en cellule sur la décoction de crottin.

Dans les grandes cultures, c'est après six jours environ que la surface tout entière du crottin se crouvre des fructifications caractéristiques, hautes de 2 à 3 centimètres et formant un véritable champ. Au pied de chaque filament se retrouvent les grosses vésicules sphériques ou ovoïdes, naguère remplies de protoplasma sombre, maintenant complétement vides et hyalines. Le mycélium rampe sur les bords de la soucoupe et vient y fructifier en formant ses petits tubercules à l'air libre ; mais il ne s'étend pas bien loin ; il ne paraît pas pouvoir former à la surface de l'eau ces longues toiles couvertes de fructifications qu'on rencontre dans les petites espèces et même dans le *M. strangulata*. Dans ces grandes cultures pures j'ai vu assez souvent, entre les bases des longs filaments sporangifères, de petits pédicelles terminés par de grosses spores sphériques à membrane épaisse et recouverte de courtes aspérités, mesurant $0^{mm},020$ à $0^{mm},025$ de diamètre. Ce sont les stylospores de ce *Mortierella* (fig. 61). Le *M. pilulifera* en a de toutes semblables, mais un peu plus petites (fig. 69).

En cellule sur jus d'orange, la spore n'a pas germé. Dans la décoction de crottin elle germe immédiatement; elle se gonfle d'abord, mais en conservant sa forme ovale et forme à chaque bout un gros tube bientôt rameux et aminci. Ces tubes ont la marche tortueuse, l'éclat particulier et les anastomoses caractéristiques des *Mortierella*. Les granules protoplasmiques, peu nombreux, s'y meuvent nettement dans la masse homogène. C'est au bout de trois jours environ, quand le mycélium très-développé a dépassé les bords de la goutte nutritive, qu'il se forme çà et là sur des branches latérales quelques grosses sphères, pleines de protoplasma sombre et gras, non séparées par une cloison des branches qui les portent. Ces sphères sont visibles à l'œil nu sur la goutte où elles forment autant de petits grains blancs. Le lendemain il part de chacun de ces groupes de tubercules un tube dressé et renflé qui se termine par un sporange et en même temps tous les tubercules se vident, le protoplasma s'y dissolvant peu à peu de la circonférence au centre. Quelquefois le mycélium ne développe pas de tubes sporangifères; ses filaments et ses tubercules se remplissent alors d'un protoplasma très-sombre et très-riche en matières grasses, et il demeure dans cet état pendant des semaines et des mois entiers. Par cette dégénérescence graisseuse, le protoplasma se réduit finalement à une masse d'huile divisée en gouttes plus ou moins grosses.

Ces cultures cellulaires ne m'ont pas donné de stylospores échinées. Mais si l'on sème beaucoup de spores dans la même goutte, de manière que les tubes mycéliens s'enchevêtrent et se gênent dans leur développement, on voit s'y former de nombreuses chlamydospores intercalaires, ovoïdes ou sphériques, de dimension assez inégale et à membrane lisse. Elles proéminent souvent latéralement sur le tube mycélien; d'autres fois elles se constituent au point de ramification d'un tube et s'attachent par conséquent à trois filaments. En un mot, on y reconnaît tous les caractères que nous avons décrits dans notre premier travail à propos des chlamydospores des *M. reticulata* et *candelabrum* (1).

---

(1) *Loc. cit.*, fig. 198 et 102.

Aux trois espèces qui précèdent si l'on ajoute le *M. simplex* décrit dans notre premier mémoire, on obtient quatre espèces de *Mortierella* à tige simple, qui se disposent ainsi par ordre de grandeur : *M. simplex*, *M. strangulata*, *M. pilulifera*, *M. tuberosa*.

Mortierella biramosa (fig. 77-82). — On sait que les *M. polycephala* et *reticulata* portent sur le tube principal un certain nombre de courts rameaux disposés en faux verticilles et terminés par autant de sporanges. Le tube sporangifère y est ramifié en grappe régressive. On sait aussi que dans le *M. candelabrum* le tube principal forme dans sa région inférieure une grosse branche ou deux, qui se redresse et porte son sporange un peu plus haut que le premier. Cette grosse branche du premier ordre en porte une autre du second ordre, et ainsi de suite. Ici le filament sporangifère se trouve donc ramifié en cyme unipare hélicoïde. Dans l'espèce nouvelle qu'il me reste à décrire, ces deux modes de ramification se réalisent à la fois ; il y a en même temps de grosses branches en cyme unipare, et sur chacune d'elles, comme sur le tube principal, de petits rameaux verticillés en grappe. Le système de sporanges est une cyme unipare hélicoïde de grappes verticillées régressives. C'est de cette superposition des deux modes de ramification que je tire le nom spécifique *Mortierella biramosa*.

Très-renflé à la base, où il s'appuie sur un certain nombre de courtes branches en doigts de gant, formées avant lui, et qui, après l'avoir nourri, lui servent de crampons, le tube fructifère s'effile progressivement à mesure qu'il s'allonge, et s'élève à une hauteur de $0^{mm},8$ à 1 millimètre, avant de se terminer par un renflement sphérique. Ce dernier se sépare du filament par une petite cloison plane située exactement à son insertion. La membrane du sporange sphérique ainsi constitué se résorbe complétement à la maturité, en laissant en place les spores agglutinées par la matière interstitielle hyaline qui s'est produite en même temps qu'elles. Pendant que le sporange terminal se développe, le tube se renfle en un point situé non loin du sommet dans sa région effilée, et produit sur ce nœud un verticille de trois à cinq branches grêles, dirigées obliquement à 45 degrés ; ces branches ont la même longueur à peu près que le prolongement du tube principal, et elles se terminent chacune par un sporange de même nature, mais un peu plus petit. Sous ce premier verticille s'en développe un second, et souvent un troisième, à intervalles égaux, mais dont les sporanges sont de moins en moins gros. Assez souvent ces trois verticilles sont complets et formés chacun de cinq branches qui alternent avec la plus grande régularité (fig. 78); mais quelquefois le nombre des branches décroît vers la base, et le premier verticille en ayant cinq, le second n'en a que quatre et le troisième trois ou même deux.

Quand le filament principal s'est ainsi ramifié dans sa moitié supérieure en une grappe très-élégamment verticillée, il forme à mi-hauteur, ou vers le tiers à partir de la base, une grosse branche renflée à la base et progressivement effilée. Cette grosse branche se redresse en s'allongeant et vient se terminer par un sporange notablement au-dessus du sommet de la tige principale. Après quoi elle développe dans sa région effilée un premier verticille de rameaux sporangifères, puis un second au-dessous du premier, et quelquefois, mais plus rarement, un troisième. Enfin elle forme à son tour, à mi-longueur et du côté de la tige principale, une grosse branche effilée qui se redresse, se termine par un sporange et produit ordinairement un seul verticille de rameaux sporangifères. On a ainsi trois grappes verticillées, de vigueur décroissante, implantées l'une sur l'autre en cyme unipare hélicoïde. Dans les exemplaires les plus vigoureux il peut y en avoir quatre ou cinq ; mais ce nombre peut aussi se réduire à deux. De même le nombre des verticilles dans chaque grappe et des branches dans chaque verticille varie avec la vigueur de l'exemplaire que l'on étudie.

En résumé, le *M. biramosa* se comporte, pour le nombre et la disposition des grosses branches, comme le *M. candelabrum;* mais pour le nombre et la disposition des petits rameaux, comme le *M. polycephala*, avec une verticillisation plus complète cependant et plus régulière.

Les spores, assez inégales, sont sphériques, et leur diamètre, compris entre $0^{mm},006$ et $0^{mm},009$, est le plus souvent de $0^{mm},075$. La plante ressemble par là, plus qu'à toute autre, au *M. candelabrum*.

Sur le mycélium rampant dichotome, à tubes assez gros, qui porte les filaments sporangifères, on trouve çà et là quelques stylospores à membrane épaisse et hérissée d'assez larges tubercules. Ces stylospores sphériques mesurent seulement $0^{mm},009$ à $0^{mm},010$. Elles sont moitié plus petites que celles du *M. candelabrum* ou du *M. polycephala*, à peine plus grosses que les plus grandes spores sporangiales de l'espèce.

Cette plante a été rencontrée d'abord sur des excréments de rat. Je l'ai cultivée ensuite en grand sur du crottin bouilli et en cellule dans la décoction de crottin. En grand, elle présente le même mode de végétation rampante que tous les autres *Mortierella*. En cellule, la spore germe immédiatement. Après vingt-quatre heures elle a déjà poussé plusieurs tubes tortueux dans leur marche et ramifiés en tous sens. Le quatrième jour, commencent à apparaître les premières fructifications, qui se développent en grand nombre les jours suivants, et sur lesquelles on suit pas à pas la formation successive et basipète des trois verticilles de rameaux latéraux et la production de la grosse branche inférieure. Dans ces cultures cellulaires, il est rare qu'il se produise plus d'une grosse branche, et même quelquefois il ne s'en produit pas du tout, le système se réduisant à la grappe verticillée principale. Il en est de même d'ailleurs du *Mortierella candelabrum*, cultivé en cellule. Dans ces conditions, le *M. biramosa* n'a pas produit de stylospores échinées, et sous ce rapport encore il ressemble plus au *M. candelabrum* qu'au *M. polycephala*.

En résumé, les neuf espèces de *Mortierella* qui nous sont actuellement connues, et qui, outre leurs sporanges, possèdent toutes des stylospores échinées et peuvent toutes produire des chlamydospores, se classent en quatre sections, d'après la simplicité ou le mode de ramification de leur filament sporangifère :

1° Filament simple : *Mortierella simplex*, *strangulata*, *pilulifera*, *tuberosa*.

2° Filament ramifié en grappe régressive plus ou moins nettement verticillée : *Mortierella polycephala*, *echinulata*, *reticulata*.

3° Filament ramifié en cyme bipare ou unipare hélicoïde : *Mortierella candelabrum*.

4° Filament ramifié à la fois en grappe régressive et en cyme unipare hélicoïde : *Mortierella biramosa*.

Le même principe de classification s'applique au groupement des nombreuses espèces du genre *Mucor*.

V

TRIBU DES SYNCÉPHALIDÉES.

La quatrième tribu de la famille des Mucorinées renferme aujourd'hui deux genres très-nettement séparés, les *Syncephalis* et *Piptocephalis*. Le premier est très-riche en espèces; n'étant pas parasite, ou du moins ne l'étant pas nécessairement comme le second, il possède un système végétatif plus développé et surtout plus comparable à celui des plantes des autres tribus. C'est donc lui qui doit être pris pour type de l'organisation de la tribu et qui doit lui donner son nom.

Comme les *Mortierella*, les Syncéphalidées ont un mycélium composé de filaments grêles et anastomosés, et ce mycélium produit des stylospores. Réunies par ces deux communs caractères, ces deux tribus forment dans la famille une seconde section principale, équivalente à la première qui renferme les Pilobolées et les Mucorées. Elles se distinguent l'une de l'autre par la forme du sporange, qui est renflé en sphère chez les *Mortierella*, allongé au contraire en forme de baguette ou de doigt de gant chez les Syncéphalidées. A cette forme différente correspond aussi une disposition spéciale des sporanges. Isolés au sommet des filaments dans les *Mortierella* (comme ils le sont aussi d'ailleurs, parce qu'ils ont la même forme, dans les Pilobolées et dans les Mucorées), les sporanges sont au contraire groupés en grand nombre et insérés côte à côte sur le sommet renflé du tube fructifère dans les Syncéphalidées.

Si le tube fructifère est simple et si le sommet renflé où s'insèrent les sporanges ne se sépare pas par une cloison et ne se détache pas, c'est un *Syncephalis*. Si le tube fructifère est dichotome et si le sommet renflé de chaque branche où s'insèrent les sporanges se sépare par une cloison et se détache à la maturité, c'est un *Piptocephalis*. En outre, les *Syncephalis* sont des parasites facultatifs et les *Piptocephalis* des parasites nécessaires.

SYNCEPHALIS V.Tiegh. et L.Monn.

Syncephalis cornu (pl. 3, fig. 83-95). — *Syncephalis reflexa* sp. nov. (fig. 96-101). — *Syncephalis tetrathela* sp. nov. (fig. 102-104). — *Syncephalis sphærica* sp. nov. (fig. 105-109). — *Syncephalis intermedia* sp. nov. (fig. 110-115). — *Syncephalis ramosa* sp. nov. (fig. 116-119). — *Syncephalis fasciculata* sp. nov. (fig. 120-122). — *Syncephalis nodosa* sp. nov. (fig. 123-131). — *Syncephalis ventricosa* sp. nov. (fig. 132-136).

Notre premier travail a fait connaître la remarquable structure et le singulier mode de végétation du mycélium des *Syncephalis*, deux caractères par où ces plantes se rapprochent beaucoup des *Mortierella*. On sait donc que leurs filaments mycéliens très-grêles, reliés à tout instant par des anastomoses noueuses, forment une toile extrêmement légère et délicate, qui s'échappe du milieu nutritif, se développe dans l'air et s'étend au loin sur toutes les surfaces humides et sur l'eau, où elle se couvre d'innombrables tubes sporangifères, dressés côte à côte en un gazon serré. Au point où doit se dresser plus tard un de ces tubes, il se fait d'abord une grande accumulation de protoplasma, il se constitue un réservoir nutritif. Pour cela, une branche mycélienne se renfle énormément à son extrémité, qui s'étale et se dichotomise en des points très-rapprochés et dans le plan d'appui, de façon à former une large patte ou rosette de gros tubes rayonnants, bourrés d'un protoplasma opaque; celui-ci est coloré en jaune vif dans les espèces où le protoplasma des tubes mycéliens eux-mêmes est d'un jaune de soufre. Cette provision faite, sur la face supérieure et au centre de la rosette se dresse verticalement une branche plus grosse que les autres, progressivement amincie en cône à son sommet, où elle se renfle finalement en massue ou en sphère pour donner insertion aux sporanges. A mesure qu'il s'allonge, le tube sporangifère absorbe tout le protoplasma contenu dans les branches dichotomes de la patte; celles-ci se vident donc, se cloisonnent et ne servent plus désormais que de crampons rayonnants, formant un disque d'adhérence sur lequel la tige aérienne demeure dressée en équilibre, après que les tubes mycéliens qui l'ont produite ont depuis longtemps disparu. Ces préliminaires de la fructification, cette constitution d'une patte dichotome qui est à la fois un réservoir nutritif et une base de sustentation, et aussi la forme du tube fructifère, renflé à sa base et progressivement effilé vers le sommet, sont autant de caractères par où les *Syncephalis* ressemblent encore aux *Mortierella.*

Les *Syncephalis* se rencontrent très-fréquemment dans la nature, notamment sur le crottin de cheval, mélangés aux Mucorinées les plus diverses, dont ils sont le fléau. Ils s'établissent en effet sur les tubes mycéliens, sur les filaments fructifères, et surtout sur les sporanges de ces plantes, et en absorbent toute la substance. Grimpant dans l'air de la base au sommet des filaments les plus hauts, courant ensuite horizontalement de sporange en sporange, acquérant à chaque pas une vigueur plus grande, ils enlacent, emprisonnent tous les tubes mucoréens, voilent la culture tout entière sous leur trame délicate, et la rabattent enfin complétement. On conçoit, sans qu'il soit nécessaire d'y insister, que le spectacle est particulièrement saisissant quand c'est une grande culture pure de *Phycomyces nitens* qui se trouve attaquée de la sorte par un des *Syncephalis* jaunes, le *S. intermedia*, par exemple. Mais il n'est pas moins intéressant à suivre quand la lutte a lieu sur l'eau entre un *Mortierella* et un *Syncephalis* jaune. Le *Mortierella* a déjà établi sur l'eau sa nappe d'un blanc de neige, lorsque le *Syncephalis* commence à poindre sur le bord de la soucoupe poreuse où le double semis a été fait. Le lendemain, le *Syncephalis* est descendu sur l'eau et forme autour de la soucoupe un anneau jaune clair, superposé à la nappe blanche de *Mortierella*, qu'il dissimule et qu'il est en train de détruire. Les jours suivants, la toile jaune du *Syncephalis* progresse rapidement, recouvrant et dévorant à mesure la toile blanche du *Mortierella* et se substituant à elle; enfin elle en atteint le bord, puis le dépasse et c'est fait du *Mortierella*. Le *Syncephalis* règne seul désormais à la surface de l'eau qu'il couvre de ses fructifications jaunes.

Nous avons montré dans notre premier travail que ce parasitisme, pour être si avide, n'est pas nécessaire cependant à la vie de ces plantes. Une spore de *Syncephalis*, semée en cellule dans une goutte de décoction de crottin, germe en effet, pousse à chaque bout un tube bientôt ramifié, développe un mycélium à la fois aquatique et aérien, fructifie enfin et produit des spores fécondes. Le parasitime est donc facultatif chez les *Syncephalis ;* nous savons qu'il l'est aussi chez les *Chætocladium*, mais d'une manière différente.

Après avoir déterminé la nature de ce parasitisme, nous en avons cherché le mécanisme et nous avons indiqué : 1° comment les tubes mycéliens s'introduisent dans les sporanges, s'y ramifient et enfoncent un de leurs derniers ramuscules dans chaque spore pour en absorber le contenu en ne laissant que la membrane ; 2° comment ils se fixent sur les tubes sporangifères de la plante hospitalière. Sur le premier point il n'y a rien d'intéressant à ajouter ; mais sur le second il y a dans notre description une petite inexactitude à relever et à corriger; ce que je vais faire tout d'abord.

« Çà et là, avons-nous dit, on voit un filament grêle s'appliquer par un renflement arrondi sur un tube de *Mucor;* au point de contact, on voit partir de ce renflement un pinceau de fils blancs qui traversent la membrane du tube, divergent dans son intérieur et se recourbent en crochet, mais sans se prolonger (fig. 117). De la nodosité partent dans l'air plusieurs filaments mycéliens. » (*Loc. cit.*, p. 379.) Il y a eu confusion, et c'est à un *Piptocephalis* mélangé au *Syncephalis* dans la culture étudiée, qu'appartient certainement le mode d'insertion et de pénétration décrit et figuré dans le passage ci-dessus. La chose a lieu en réalité d'une manière un peu différente chez les *Syncephalis*. Arrivée au contact d'un tube de *Mucor*, que ce tube soit d'ailleurs plongé dans le milieu nutritif ou dans l'air, qu'il soit mycélien ou sporangifère, la branche de *Syncephalis* se renfle énormément en une longue massue, présentant souvent un ou deux étranglements transversaux et qui s'applique et se moule intimement sur la membrane. Avant de se renfler, la branche grêle se bifurque quelquefois et les deux massues divergentes embrassent étroitement le tube mucoréen. C'est le phénomène déjà décrit et figuré par nous (*loc. cit.*, p. 383, fig. 118 et 119), mais interprété à tort comme étant le début d'une conjugaison. D'un point situé vers le milieu de la plus grande largeur du renflement, part ensuite un stylet conique qui perce la membrane du tube et se renfle dans l'intérieur en une ampoule d'où s'échappent plusieurs branches ; ces branches, plus grosses, surtout à leur base, que les tubes du mycélium aérien, s'allongent indéfiniment en se ramifiant et se pelotonnant en tous sens, et envahissent toute la longueur du tube mucoréen et de ses ramifications. Ce dernier se trouve finalement rempli et littéralement bourré par ces écheveaux de tubes blancs de *Syncephalis* (fig. 136). Les filaments mycéliens de *Syncephalis* végètent donc simplement à l'intérieur du protoplasma des Mucorinées et s'y nourrissent absolument comme, en d'autres points, ils végètent et se nourrissent dans le milieu extérieur. Ces plantes ne forment pas de suçoirs particuliers, comme nous l'avions cru et comme en possèdent les *Piptocephalis*. Cette différence est évidemment en rapport avec la nature différente du parasitisme de ces deux genres. Le parasitisme nécessaire implique l'existence de suçoirs spéciaux ; le parasitisme facultatif exige que les tubes plongent directement et par toute leur longueur dans le protoplasma de l'hôte et s'y comportent absolument comme s'ils plongeaient dans un milieu nutritif quelconque et non vivant.

Une autre différence encore résulte de cette différente nature du parasitisme. Le parasite nécessaire fait un certain choix dans les plantes nourricières, choix plus ou moins large, mais toujours déterminé ; le parasite facultatif, au contraire, peut et doit, pour mériter tout à fait ce nom, se montrer complétement indifférent vis-à-vis de la plante hospitalière, car il y aura toujours moins de différence entre le protoplasma d'une plante et celui d'une autre plante de la même famille qu'entre un milieu nutritif non vivant et ce protoplasma. Aussi voyons-nous le *Piptocephalis*, dont les filaments se fixent sur les tubes mycéliens de la plupart, sinon de toutes les Mucorées et les Pilobolées, refuser absolument de s'attacher aux *Mortierella* et de s'en nourrir. Les *Syncephalis*, au contraire, attaquent tout indifféremment, aussi bien les *Pilobolus* que les *Mucor*, aussi bien les *Mortierella* que les *Piptocephalis;* bien plus, leurs espèces se dévorent entre elles. Les *Syncephalis* sont donc des parasites facultatifs et indifférents. Il n'en est pas tout à fait de même des *Chætocladium*, dont les diverses espèces présentent d'ailleurs, sous ce rapport, d'assez grandes différences.

Après avoir ainsi étudié en général la structure du mycélium, son mode de végétation et la nature de son parasitisme, notre premier travail a décrit l'organisation de l'appareil sporangifère dans cinq espèces de *Syncephalis*, savoir : une espèce à filament recourbé en corne (*S. cornu*) et quatre à filament droit, deux jaunes (*S. cordata*, *S. asymmetrica*), et deux blanches (*S. depressa*, *S. minima*).

Je me propose aujourd'hui de faire connaître les stylospores de ces plantes et leurs zygospores. Je décrirai ensuite les caractères que présente l'appareil sporangifère dans huit espèces nouvelles, que j'ai successivement rencontrées au cours d'une longue série d'études sur ce genre important.

Stylospores. — C'est chez les *Syncephalis nodosa* et *reflexa*, que nous étudierons spécialement tout à l'heure, et qui comptent parmi les plus petites espèces du genre, que j'ai observé dans leur plus beau développement les stylospores de ces plantes. Mais j'en ai rencontré aussi çà et là de toutes semblables chez plusieurs autres espèces, et je crois que dans des conditions favorables elles sont toutes capables de produire cette sorte de corps reproducteurs.

Échappé d'une grande culture de *Pilobolus roridus*, dont il avait attaqué les tubes fructifères, abondamment nourri par conséquent, le mycélium du *Syncephalis nodosa* était venu ramper sur l'eau autour de la soucoupe, et y formait une toile blanche plus épaisse que ne l'est d'ordinaire celles des *Syncephalis;* aussi la pris-je tout d'abord pour une toile de *Mortierella.* Le lendemain elle était devenue dans toute son étendue grisâtre ou gris jaunâtre, ce qui n'a jamais lieu pour les *Mortierella;* en outre sa surface était sèche et pulvérulente. Je l'étudiai alors avec soin pour en déterminer la vraie nature.

Cette toile est composée de filaments grêles, croisés et feutrés en tous sens, à tout moment reliés ensemble par des anastomoses noueuses, possédant en un mot tous les caractères du mycélium des *Syncephalis*, mais plus gros, plus serrés et plus vigoureusement ramifiés qu'ils ne le sont d'ordinaire. D'ailleurs en certains points de la culture, où ils sont plus lâches, sur les bords de la soucoupe notamment, les mêmes filaments portent les fructifications sporangiales caractéristiques du *S. nodosa.* Aucun doute n'est donc possible sur leur origine. Or, dans toute l'étendue de la toile, ces filaments superficiels produisent çà et là sur leur parcours des corps reproducteurs rapprochés en grappe de la manière suivante. Le filament grêle se renfle un peu sur une certaine longueur, au delà de laquelle il reprend son diamètre primitif. Sur la région renflée il produit, en des points rapprochés, un grand nombre de petits rameaux perpendiculaires, très-grêles et très-courts, isolés ou disposés par deux ou trois en verticilles. Ces petits stylets se renflent en boules à son sommet, et ces boules grossissent jusqu'à acquérir $0^{mm},006$ de diamètre. Après quoi elles prennent un contour sombre et leur membrane prend des granulations; elles deviennent grisâtres, et enfin se détachent des pédicelles qui les portent et qui demeurent adhérents au tube dont ils hérissent la surface. Celui-ci s'est en même temps vidé dans toute cette région renflée, qui s'est séparée du reste par une cloison à chaque bout, et qui prend parfois aussi quelques cloisons intercalaires. Quant aux stylospores sphériques, ainsi égrénées, elles présentent chacune un petit mucron par où s'opère son insertion sur le stylet qui la porte, stylet qui n'est pas beaucoup plus long que le diamètre de la spore. Leur protoplasma est homogène et non séparé de la membrane par un contour interne. Sensiblement incolores prises isolément, elles sont gris jaunâtre vues en masse (fig. 130 et 131).

Le filament qui a produit ainsi sur son trajet une grappe de stylospores peut en former d'autres à intervalles plus ou moins éloignés, et tous les tubes mycéliens superficiels de la toile en sont abondamment pourvus. C'est à cette énorme quantité de stylospores gris jaunâtre que la toile doit sa couleur et son aspect pulvérulent.

Dans une grande culture de *Pilobolus crystallinus* dévastée par le *Syncephalis reflexa*, j'ai observé sur l'eau tout autour de la soucoupe une toile mycélienne, toute semblable d'aspect à la précédente, et portant les mêmes grappes de stylospores sphériques (fig. 99 et 100). Ces stylospores avaient sensiblement la même dimension que celles du *S. nodosa*.

Les *Syncephalis* produisent donc sur leur mycélium rampant des stylospores à surface très-légèrement échinée ou tout au moins granuleuse. C'est un trait de ressemblance de plus avec les *Mortierella*. Comme dans les *Mortierella*, ces stylospores se reproduisent en quantité énorme dans les mêmes conditions, c'est-à-dire quand le mycélium, très-abondamment nourri, très-vigoureux, très-enchevêtré, serre et étouffe davantage ses filaments aériens. Mais tandis que les stylospores des *Mortierella* sont isolées ou groupées en ombelles, celles des *Syncephalis* sont disposées en grappe serrée; tandis que les premières demeurent attachées à leur pédicelle, les secondes sont caduques.

Semées en cellule dans une goutte de décoction de crottin, aussitôt après leur maturité et leur chute, ces stylospores germent assez lentement. Elles grossissent d'abord un peu, atteignent $0^{mm},008$, et leur protoplasma se creuse de petites vacuoles; après deux jours, elles ont poussé chacune trois ou quatre tubes rayonnants très-grêles, dont le diamètre atteint à peine $0^{mm},002$, et qui s'allongent en ligne droite sans se ramifier d'abord (fig. 101). Plus tard ils se divisent, et tandis que certaines de leurs branches continuent de ramper dans le liquide nutritif, d'autres se développent dans l'air, s'y ramifient et s'y anastomosent. Enfin, après une dizaine de jours apparaissent sur ce mycélium quelques tubes sporangifères.

Comme les spores sporangiales, les stylospores produisent donc en germant un mycélium, et sur ce mycélium se développent ensuite, suivant les circonstances, des stylospores nouvelles ou des filaments sporangifères.

Appareil sexué : zygospores. — C'est dans le *Syncephalis cornu* que j'ai trouvé les zygospores de ce genre. Le mycélium de cette plante avait ravagé et rabattu une grande culture où croissaient mélangés le *Mucor plasmaticus* et le *Pilaira Cesatii;* il s'était couvert en même temps des fructifications microscopiques qui caractérisent l'espèce (fig. 83 et 87). Une dizaine de jours après leur maturité, ce mycélium avait pris par places une couleur jaune brunâtre; en étudiant ces endroits, je vis que cette coloration était due à la présence d'un grand nombre de zygospores jaunâtres, mûres pour la plupart, mais çà et là avortées et arrêtées aux divers états de leur développement, de sorte qu'il était facile de se rendre un compte exact de leur mode de formation. Dans ces endroits, les cornes sporangifères étaient moins nombreuses qu'ailleurs, mais il y en avait assez pour qu'on pût constater avec certitude leur insertion sur les mêmes filaments que les zygospores.

Pour former une zygospore, une branche mycélienne grêle se renfle à son sommet et se dichotomise irrégulièrement à peu près comme lorsqu'elle se prépare à produire un tube sporangifère. Pendant que les autres branches de cette palmure demeurent courtes et forment des expansions en doigt de gant, deux d'entre elles s'allongent davantage, se placent parallèlement l'une à l'autre à une très-petite distance, et se touchent même le plus souvent dans leur partie inférieure. Elles sont cylindriques, un peu renflées dans leur moitié supérieure, et comme elles ont la même longueur, leurs sommets n'ont qu'à s'incliner légèrement l'un vers l'autre pour se mettre en contact et se souder intimement. En même temps il se fait dans chaque branche, assez loin du sommet et à des hauteurs différentes, une cloison transversale ; les deux longues cellules ainsi séparées, et que remplit un protoplasma granuleux et très-dense, sont donc inégales, l'une étant toujours d'un tiers ou d'un quart, quelquefois de moitié plus courte que l'autre. Ensuite la double membrane qui sépare les cellules au sommet se résorbe, et les deux corps protoplasmiques inégaux se mêlent et se pénètrent. Si les choses se passaient comme chez les Pilobolées et les Mucorées, la zygospore aurait donc ici une forme singulière, celle d'un tube en U à branches très-rapprochées et inégales.

Mais il n'en est pas ainsi. A mesure qu'ils se pénètrent, les deux corps protoplasmiques, se déplaçant l'un vers l'autre, viennent s'accumuler au sommet de l'appareil ; ils y déterminent sur le côté convexe une proéminence de plus en plus forte et finalement sphérique, que continue de recouvrir la membrane primitive des deux cellules conjuguées. Cela fait, cette sphère, c'est-à-dire le corps protoplasmique même de la zygospore, après s'être nourrie et avoir acquis sa dimension définitive, s'entoure d'une membrane propre qui la sépare des deux branches parallèles descendantes qu'elle surmonte. Cette membrane s'épaissit en demeurant incolore, et se hérisse en même temps de gros tubercules coniques, sur lesquels se moule la membrane primitive des cellules conjuguées. Celle-ci se colore en jaune plus ou moins brunâtre, dans toute la région où elle recouvre la zygospore ; dans les deux prolongements inférieurs maintenant vides, elle se colore peu, mais s'épaissit et se cuticularise, ainsi que dans les deux cloisons transversales. Dans le reste des tubes conjugués, comme dans les doigts de gant stériles qui les avoisinent, la membrane demeure au contraire mince, incolore et flasque ; elle disparaît plus tard complétement avec les filaments mycéliens eux-mêmes et la zygospore mûre se trouve dès lors isolée, mais toujours attenante par sa base aux deux tubes parallèles et inégaux qui l'ont produite (fig. 88 et 93).

Parfaitement mûre, la zygospore du *Syncephalis cornu* est très-petite ; elle ne mesure en moyenne que $0^{mm},024$ à $0^{mm},028$. A peine donc est-elle plus grande que la stylospore échinée des

Mortierella polycephala et *candelabrum*. Elle est jaune brunâtre, couleur qu'elle doit à la membrane morte des cellules conjuguées, qui continue de la revêtir; son exospore, cartilagineuse, est incolore et hérissée de tubercules coniques relativement longs et gros; son protoplasma renferme au centre une large goutte d'huile.

Maintenues en lieu sec pendant deux mois, d'avril à juin, puis placées dans une goutte d'eau, ces zygospores ont germé au bout de huit à dix jours. L'exospore cartilagineuse se fend au sommet, c'est-à-dire au point opposé à l'insertion des deux cellules conjuguées; par l'ouverture s'échappe un tube, progressivement évasé, bientôt recourbé en corne, renflé en sphère au sommet et fortement étranglé au-dessous de ce renflement. La calotte supérieure de la sphère, ainsi réfléchie vers le bas et même latéralement vers le filament, se hérisse de verrues qui se prolongent chacune en un sporange allongé en forme de baguette simple. Ces baguettes dressées et serrées l'une contre l'autre, produisent ensuite chacune une rangée de spores jaunâtres, séparées par une matière interstitielle hyaline qui les tient agglutinées en chapelet quand la membrane du sporange s'est résorbée à la maturité. Ces spores, renflées au milieu, mesurent $0^{mm},008$ à $0^{mm},010$ de long sur $0^{mm},006$ de large. En un mot, la zygospore, en germant, produit directement, sans mycélium, un tube sporangifère semblable de tous points à ceux qui naissent sur le mycélium (fig. 94). Il y a une légère différence cependant; on ne trouve pas ici à la base du filament, d'abord la patte nutritive, ensuite la rosette de crampons qui ne manquent jamais aux fructifications nées du mycélium. Cette patte est inutile, en effet, puisque c'est la zygospore elle-même qui constitue ici le réservoir nutritif.

En résumé, le mycélium des *Syncephalis* peut produire, nous le voyons, trois sortes d'organes reproducteurs : 1° des chlamydospores pédicellées ou stylospores, disposées en grappe sur le trajet des filaments du mycélium aérien; 2° des tubes sporangifères, appuyés à leur base sur un disque de crampons rayonnants; 3° enfin des zygospores, formées par la conjugaison terminale de deux branches rapprochées parallèlement presque au contact. La différence sexuelle y est nettement accusée au dehors par la constante différence de longueur des deux cellules conjuguées, la plus petite devant être regardée comme mâle, la plus grande comme femelle. La zygospore, en germant, donne directement un tube sporangifère, dont les spores reproduisent ensuite le mycélium. L'histoire biologique des *Syncephalis* se trouve par là complétée, et l'on admettra peut-être que ce dernier venu des genres de la famille des Mucorinées n'en est désormais ni le moins intéressant, ni le moins bien connu.

Il en est aussi l'un des plus vastes. Aux cinq espèces déjà décrites je vais, en effet, en ajouter aujourd'hui huit autres, et je suis fondé à croire qu'il en existe un bien plus grand nombre. Ces treize *Syncephalis* ont tous le tube sporangifère simple. Ce qui les distingue entre eux, c'est la forme de ce tube, sa taille et la couleur de son protoplasma; c'est surtout la manière d'être des nombreux sporanges qui en garnissent le sommet, et la forme ainsi que la dimension des spores qu'ils produisent. Toujours allongés en tubes étroits, les sporanges sont tantôt simples et insérés indépendamment côte à côte sur autant de verrues du renflement terminal. Tantôt, au contraire, ils sont rameux à la base et insérés alors, soit deux par deux, soit trois ou quatre ensemble sur la même verrue; dans la partie basilaire commune, il ne se fait alors qu'une seule spore dont la forme, différente de toutes les autres, dépend du mode de ramification. Ailleurs, enfin, ils sont rameux à une plus ou moins grande distance de la base et à diverses hauteurs; alors les spores qui se forment aux divers confluents des rameaux ont une forme différente des autres.

Quant aux spores, elles sont toujours produites en une seule rangée dans le sporange simple ou rameux, mais toujours continu (fig. 85 et 86, 106 et 107, 112, 121, 134). Elles sont toujours séparées l'une de l'autre et de la membrane du sporange par une matière interstitielle hyaline, d'autant plus développée que les spores sont plus renflées au milieu et plus atténuées à leur extrémité. A la maturité, la membrane du sporange se trouve en général résorbée et les spores, mises à nu, ne demeurent plus reliées en chapelet que par la substance interstitielle. Sous l'influence de l'eau, celle-ci, en se gonflant et en se dissolvant, écarte les spores et les isole. Mais il y a des espèces où la membrane sporangiale persiste souvent autour des spores après leur maturité, et indéfiniment; il n'est même pas nécessaire alors d'étudier les états jeunes pour la mettre en évidence (fig. 113, 118-119, 127-129).

Appliquons maintenant ces divers caractères à la distinction des espèces nouvelles.

Syncephalis sphærica (fig. 105-109). — Le protoplasma mycélien est complétement blanc. Le filament sporangifère est parfaitement incolore, ainsi que la patte nutritive sur laquelle il se dresse, et plus tard les crampons dichotomes et cloisonnés qui le maintiennent en équilibre sur l'eau ou sur les corps solides. Large dans sa région inférieure, ce tube s'effile progressivement vers le sommet, où il se renfle brusquement en une sphère parfaite. A cet état du développement, il ressemble, à s'y méprendre, à un filament sporangifère de *Mortierella*. Mais la sphère ne se sépare pas du tube qui la porte par une cloison basilaire. Au contraire, elle bourgeonne sur toute sa périphérie, excepté toutefois sur sa face inférieure tout autour de son insertion sur le tube. Ces bourgeons se développent en autant de longues baguettes minces, non ramifiées, serrées les unes contre les autres et formant toutes ensemble une épaisse calotte à structure radiée. Puis chacune de ces baguettes forme dans son intérieur une série de spores cylindriques, séparées par des disques de matière interstitielle gélatineuse, ce qui donne à la calotte tout entière une structure très-nette en couches concentriques. Enfin la membrane de tous ces sporanges se résorbe. Par sa tête renflée, couverte d'innombrables spores disposées à la fois en chapelets rayonnants et en couches concentriques, c'est alors à un *Aspergillus* que la plante ressemble. A la maturité, la tête sécrète une goutte d'eau qui, gonflant et dissolvant la matière interstitielle, sépare les spores, qu'elle retient et enveloppe jusqu'à sa chute ou sa dessiccation. Une fois les spores tombées, le tube demeure encore quelque temps dressé sur ses crampons, et sa tête dénudée est hérissée de très-petits mamelons, à peine visibles quelquefois, où s'inséraient les sporanges.

Par ce renflement terminal complétement sphérique et posé sur un filament très-effilé, cette espèce diffère de tous les *Syncephalis* précédemment décrits. C'est de ce caractère que j'ai tiré le nom spécifique : *Syncephalis sphærica.*

Le tube fructifère, sans compter les sporanges, a toujours moins d'un millimètre de hauteur; les échantillons mesurés ont varié entre $0^{mm},420$ et $0^{mm},720$. La largeur d'un tube à la base étant de $0^{mm},028$, sous le renflement sphérique elle se réduit à $0^{mm},008$; enfin la sphère terminale mesure $0^{mm},040$. Les spores, incolores prises isolément, mais quelquefois un peu jaunâtres vues en masse, sont cylindriques, en forme de bâtonnets; le sporange n'étant pas ramifié à sa base, la spore la plus basse a la même forme que les autres, un peu pointue seulement à son extrémité inférieure où le sporange aminci s'attachait au mamelon. Leur protoplasma, granuleux dans le jeune âge, est plus tard homogène et brillant; il présente quelquefois à chaque pôle un nucléole distinct. Elles mesurent, en longueur $0^{mm},008$ à $0^{mm},009$, en largeur $0^{mm},003$ à $0^{mm},004$. Quand on place un filament sporangifère mûr dans l'eau pour l'étudier, les chapelets de spores se détachent et s'isolent; puis l'eau gonflant beaucoup la matière interstitielle, les spores se séparent et leurs chapelets s'allongent en prenant des formes onduleuses. Pendant longtemps les bâtonnets, ainsi fortement écartés l'un de l'autre, demeurent cependant reliés entre eux par un mucilage invisible en longues files sinueuses.

Le *S. sphærica* est une espèce commune; je l'ai souvent rencontré spontané sur le crottin de cheval, où il s'installe en parasite sur les *Mucor*. Je l'ai cultivé à plusieurs reprises en grand et en cellule.

En cellule, dans la décoction de crottin, les spores germent en se gonflant un peu au milieu, de manière à acquérir $0^{mm},005$ de large sur $0^{mm},008$ de long. Elles émettent à chaque pôle un tube très-grêle, large à peine de $0^{mm},0015$; ce tube s'allonge rapidement en se ramifiant et en envoyant bientôt dans l'air plusieurs de ses branches, qui s'y développent, s'y ramifient et s'y anastomosent en tous sens. C'est après six à sept jours seulement que les fructifications apparaissent avec leurs caractères normaux.

Par son protoplasma incolore, la taille des tubes sporangifères et la forme des spores, le *Syncephalis sphærica* ressemble plus qu'à tout autre au *S. depressa*. Il en diffère par la forme du filament fructifère, et surtout par l'absence de ramification des sporanges, qui sont individuellement insérés sur la tête. On sait que dans le *S. depressa*, au contraire, chaque bourgeon issu de la tête s'élargit aussitôt transversalement ou obliquement, et se divise presque immédiatement en trois, quatre ou cinq longues branches. Les baguettes s'insèrent donc plusieurs ensemble sur une base linéaire transversale ou oblique, et celle-ci à son tour s'attache par son milieu ou par l'une de ses extrémités à l'un des petits mamelons de la tête; en d'autres termes, le sporange est digité. Il en résulte que la spore née dans la région basilaire du sporange diffère de toutes les autres par sa forme mamelonnée.

Syncephalis intermedia (fig. 110-116). — Comme les *Syncephalis cordata* et *asymmetrica* dont elle se rapproche, cette espèce a le protoplasma de son mycélium coloré en jaune de soufre, celui de son tube sporangifère jaune vif, et celui de ses spores mûres jaune plus ou moins brunâtre. Elle en diffère surtout par la manière d'être de ses sporanges. On sait que dans le *S. cordata* tous les sporanges, insérés sur le sommet du tube renflé en massue, sont semblables et tous bifurqués à la base en forme de V. Il en résulte pour la spore la plus inférieure, née dans la partie commune, une forme triangulaire, plus ou moins échancrée en cœur et d'où l'espèce tire son nom. Dans le *S. asymmetrica*, la bifurcation a lieu encore dans tous les sporanges, mais elle s'opère en général plus près de l'insertion; de sorte que la spore la plus basse, pour avoir le volume dont elle a besoin, est obligée de remonter, ce qu'elle fait quelquefois également dans les deux branches en devenant bifide, mais ordinairement beaucoup plus dans l'une que dans l'autre, en prenant cette forme dissymétrique qui caractérise l'espèce. D'autre part, nous venons de voir qu'il y a des espèces, comme le *S. sphærica*, dont les sporanges, tous semblables encore sur la même tête, sont simples et insérés côte à côte sur autant de verrues indépendantes. Évidemment, sous ce rapport, le *S. asymmetrica* se montre intermédiaire entre le *S. cordata* et le *S. sphærica*.

Ici c'est autre chose. Sur la même tête on trouve côte à côte et mélangés sans ordre apparent : 1° des sporanges simples dont la spore basilaire ne diffère des autres que parce qu'elle est pointue à son extrémité inférieure, comme dans le *S. sphærica :* c'est, paraît-il souvent, le plus grand nombre ; 2° des sporanges bifurqués assez haut pour que la spore basilaire, née dans la partie commune, soit symétrique, triangulaire ou un peu échancrée, comme dans le *S. cordata ;* 3° enfin çà et là quelques sporanges intermédiaires, bifurqués plus bas, de façon que la spore basilaire soit dissymétrique, comme dans le *S. asymmetrica*. Par là l'espèce actuelle se montre donc intermédiaire aux précédentes, ce que j'indique en la nommant *Syncephalis intermedia*. Mais elle possède aussi quelques caractères propres.

Coloré en jaune comme chez les *S. cordata* et *asymmetrica*, et plus fortement encore, sensiblement cylindrique dans toute son étendue, sauf le sommet où il est renflé en massue, muni souvent à sa base élargie d'une cloison qui le sépare de son disque de crampons, le filament sporangifère est plus court que dans la seconde de ces espèces et à plus forte raison que dans la première, atteignant ordinairement $0^{mm},4$ à $0^{mm},6$. Serrés en un faisceau cylindro-conique sur le plateau verruqueux qui termine le renflement en massue, les sporanges conservent souvent après leur maturité la membrane qui enveloppe les spores, et qui est alors très-facile à voir, surtout dans les intervalles où l'on passe d'une spore à l'autre. Par pression on parvient aisément à faire sortir une ou plusieurs de ces spores et à isoler la membrane qui les enveloppe. Plus tard elle se dessèche, se ride et s'applique intimement contre les spores; comme elle est cassante, les spores s'isolent cependant l'une de l'autre sous la moindre influence, mais en entraînant avec elles un étui rugueux qui fait paraître leurs bords latéraux comme irrégulièrement denticulés (fig. 113 et 114, *c*). Chacun de ces articles est jusqu'à un certain point comparable à un akène d'*Hedysarum* ou de *Raphanus*. Toutefois ce phénomène, pour être assez fréquent, n'est pas constant, et dans d'autres cultures la membrane du sporange se trouve résorbée à la maturité et les spores lisses.

Les spores mûres sont colorées en jaune brun; elles ont la forme cylindrique, arrondie aux deux bouts de celles du *S. cordata*, avec le même diamètre transversal 0^{mm},006, mais une longueur plus inégale comprise entre 0^{mm},006 et 0^{mm},012. Il arrive quelquefois que le protoplasma tout entier d'un sporange ne se divise qu'incomplétement en spores et s'arrête en l'état représenté figure 112, *b*; la membrane ne s'en résorbe pas moins à la maturité. Les corps allongés et étranglés, ainsi mis en liberté (fig. 114, *b*), germent comme les spores ordinaires.

Le *S. intermedia* est très-commun sur le crottin de cheval. Peu de jours après l'apparition de la forêt de *Mucor*, on voit son mycélium jaune grimper entre les filaments mucoréens et les enchevêtrer, s'étendre sur toutes les têtes sporangifères, envahir et enfin rabattre toute la culture.

Syncephalis ramosa (fig. 116-119). — Très-fortement colorés d'abord en jaune vif, plus tard, après la maturité, en jaune rougeâtre, sensiblement cylindriques dans toute leur étendue et simplement renflés en massue au sommet, les tubes sporangifères de cette espèce ne dépassent guère une hauteur de 0^{mm},5 à 0^{mm},6. Les mamelons qui hérissent la face supérieure de la massue ne sont pas très-nombreux, mais en revanche les sporanges qu'ils portent sont très-rameux et leur ramification est très-inégale dans le même capitule. A la base, tantôt ils sont simples avec spore basilaire conique, tantôt bifurqués avec spore inférieure soit triangulaire et symétrique, soit plus ou moins fortement dissymétrique, tantôt trifurqués avec spore basilaire à trois gradins. Mais en outre ils sont souvent ramifiés à une hauteur quelconque, et le sporange principal porte latéralement une, deux ou trois branches plus courtes, dont la cavité est continue avec la sienne et qui forment des spores pareilles aux siennes. Seulement la spore qui occupe le point d'insertion d'un rameau a une forme différente des autres. Cette ramification supérieure s'observe surtout dans les sporanges qui sont demeurés simples à la base, mais elle peut aussi s'opérer sur les autres.

Tous ces sporanges ont leurs divers sommets renflés en massue, et par conséquent la spore terminale y est plus grosse que les autres. Les spores, de forme cylindrique arrondie aux deux bouts, ovales et même çà et là sphériques, ont une longueur et une largeur assez inégales, la première variant entre $0^{mm},006$ et $0^{mm},012$, la seconde entre $0^{mm},006$ et $0^{mm},008$. En somme, c'est de tous les *Syncephalis* connus jusqu'ici celui qui renferme les spores les plus grosses, et les sporanges les plus larges et les plus rameux. Je le nomme donc *Syncephalis ramosa*.

Ces sporanges rameux conservent très-souvent leur membrane après la maturité des spores, et cette membrane rigide, enveloppant dans leurs diverses ramifications les séries de spores, se voit ici très-facilement et avec une grande netteté.

J'ai rencontré d'abord le *S. ramosa* sur des excréments de chien ; il formait sur l'eau, autour de la soucoupe, une nappe couverte de fructifications jaune rouille. Je l'ai cultivé ensuite sur du crottin bouilli, où il s'est maintenu avec tous ses caractères.

Syncephalis fasciculata (fig. 120-122). — Cette hétérogénéité des sporanges d'un même capitule nous est offerte aussi par un *Syncephalis* très-différent de ceux qui précèdent et remarquable à d'autres égards. Tous les *Syncephalis* décrits jusqu'ici ne forment sur leur rosette nutritive qu'un seul tube sporangifère. Celui-ci en porte d'abord un au centre de la patte, mais ensuite quelques-uns des rameaux de la rosette renflent brusquement leur extrémité grêle, et ce renflement se redresse en un tube fructifère semblable au premier ; de sorte que la patte nutritive, plus vigoureuse qu'ailleurs, produit ici un faisceau de fructifications plus ou moins nombreuses. C'est de ce caractère, qui est un nouveau trait de ressemblance avec certains *Mortierella*, que je tire le nom spécifique *Syncephalis fasciculata*. Toutes les extrémités renflées des tubes grêles de la rosette n'arrivent pas à donner ainsi un tube sporangifère; plusieurs s'arrêtent en chemin et demeurent à l'état de grosses ampoules qui ne tardent pas à se vider.

Le mycélium du *S. fasciculata* est blanc, très-vigoureux et forme sur les surfaces humides et sur l'eau une toile épaisse. Par sa forme et son absence de coloration, le tube fructifère ressemble plus qu'à tout autre à celui du *S. sphærica,* mais il est plus petit, car il demeure compris entre 0^{mm},3 et 0^{mm},4. Renflé à la base, où il mesure 0^{mm},016 à 0^{mm},020, il s'effile progressivement vers le haut, et sous le renflement terminal il n'a plus que 0^{mm},004 à 0^{mm},006. Ce renflement, en forme de sphère un peu déprimée, a environ 0^{mm},028 de largeur, et les deux tiers de sa surface sont hérissés de mamelons moins nombreux et plus gros que dans le *S. sphærica.* Ces mamelons portent, les uns des sporanges simples, les autres des sporanges bifurqués avec spore basilaire cordiforme plus ou moins profondément échancrée et parfois aussi dissymétrique. Sous ce rapport les choses se passent donc comme dans le *S. intermedia.* Aussi la tête, garnie de ses sporanges, offre-t-elle un peu avant la maturité un aspect très-différent de celui du *S. sphærica.*

Les spores blanches, cylindriques, mesurent 0^{mm},004 de largeur, et leur longueur, un peu inégale, oscille autour de 0^{mm},006. Il ne s'en forme souvent que deux ou trois dans chaque sporange.

Syncephalis nodosa (fig. 123-131). — Le tube sporangifère de cette très-petite plante présente, à intervalles sensiblement égaux, ordinairement trois, quelquefois deux ou quatre renflements annulaires ou nœuds, d'où l'on tire le nom spécifique *Syncephalis nodosa.* Il se termine en massue à sommet aplati, et tout autour de ce sommet on voit, rangés en un seul cercle, un assez petit nombre de mamelons (dix à douze) qui donnent insertion à autant de sporanges. Chaque sporange est rameux à sa base et s'y divise en trois, quatre ou même cinq baguettes, où naissent des spores cylindriques, légèrement renflées au milieu en forme de tonneau. La spore qui se développe dans la partie basilaire commune et qui pénètre un peu dans chaque branche, est irrégulièrement triangulaire; attachée au mamelon par sa pointe, elle est entaillée sur le côté opposé, de façon à présenter autant de gradins que le sporange avait de branches. Jeune, le protoplasma du tube renferme un peu de matière colorante jaune; à la maturité, les sporanges demeurent souvent serrés parallèlement en un faisceau jaune orangé, couleur de rouille, et c'est d'un seul coup que le faisceau se détache pour laisser à nu le renflement terminal avec sa couronne de mamelons.

Ainsi dénudé, le tube sporangifère mesure environ $0^{mm},150$ de hauteur. Les spores, roussâtres et à surface rugueuse et ratatinée, parce que la membrane du sporange a persisté autour d'elles en se desséchant et se crispant, mesurent $0^{mm},008$ à $0^{mm},010$ de long sur $0^{mm},006$ de large. Malgré l'extrême petitesse du filament, elles sont donc au moins aussi grandes que celles de la plus grande espèce, c'est-à-dire du *S. cordata*. Après la maturité, la membrane du tube se plisse, se chiffonne et se rabat dans les entrenœuds; aux nœuds au contraire et dans la région supérieure du renflement terminal, elle est rigide, épaissie, cuticularisée et conserve son diamètre primitif; il en résulte que les nœuds deviennent de plus en plus apparents à mesure que le tube vieillit. Il arrive même quelquefois que le tube jeune est uniformément cylindrique; mais sa membrane s'épaissit néanmoins et se cuticularise suivant trois anneaux, de sorte qu'à la maturité, quand elle s'affaisse dans l'intervalle, les trois nœuds deviennent apparents. L'épaississement de la membrane aux nœuds ne paraît pas d'ailleurs se faire également sur tout le pourtour de l'anneau; il prédomine suivant un certain nombre de stries longitudinales équidistantes, qui ressortent en noir comme autant de cannelures. Enfin plus tard il ne reste du tube que le dôme terminal cuticularisé avec sa couronne de mamelons, encore adhérent quelquefois au faisceau de spores qu'il a produit.

Par sa taille microscopique, $0^{mm},150$, et par la disposition circulaire de ses sporanges peu nombreux et ramifiés, le *S. nodosa* ressemble plus qu'à tout autre au *S. minima* que nous avons décrit dans notre premier travail. Il s'en distingue par ses nœuds et surtout par la forme, la dimension et la coloration de ses spores.

Je l'ai rencontré d'abord sur le crottin de cheval, où il paraît fréquent ; comme les autres espèces du même genre, auxquelles il est souvent mélangé, il s'installe en parasite sur les diverses Mucorinées qui se trouvent naturellement semées et qui se développent dans ce milieu nutritif. Je l'ai cultivé en grand sur du crottin bouilli et en cellule dans la décoction de crottin. En gandes cultures, je l'ai obtenu sur l'eau qui entoure les soucoupes à l'état de pureté parfaite. C'est dans ces conditions, quand le mycélium vigoureusement nourri formait une toile épaisse, que j'ai vu ses filaments se couvrir d'innombrables stylospores disposées en grappes intercalaires, sphériques, à surface granuleuse, caduques, mucronées, et mesurant $0^{mm},006$ de diamètre (fig. 130 et 131). Les ayant étudiées plus haut, nous n'y reviendrons pas.

Syncephalis ventricosa (fig. 132-135). — Plus petit que celui du *S. nodosa* et même que celui du *S. minima*, atteignant à peine $0^{mm},080$ de hauteur, le tube sporangifère de cette plante présente à sa base, au-dessus des crampons, un gros renflement ovoïde ou presque sphérique, au-dessus duquel il s'effile brusquement, pour se terminer par une tête en forme de sphère surbaissée ou de cône renversé. Sur toute l'étendue de sa face supérieure aplatie, cette tête porte des mamelons où s'insèrent autant de sporanges en forme d'étroites baguettes, serrés côte à côte en un faisceau cylindro-conique. C'est de cette forme ventrue du tube sporangifère, qui le fait ressembler à une carafe, que se tire le nom spécifique *S. ventricosa*.

Tous les sporanges sont simples et insérés indépendamment côte à côte sur la voûte supérieure de la tête. Chacun d'eux produit dans son intérieur une série de spores parfaitement sphériques, d'abord enveloppées par la membrane du sporange en doigt de gant, puis mises à nu par la résorption de cette membrane, mais retenues en chapelet par la matière interstitielle. Celle-ci se dissout enfin dans la goutte d'eau que la tête sécrète autour d'elle et met les spores en liberté. Comme le mycélium et les tubes fructifères, les spores sont parfaitement incolores ; elles sont très-petites, et mesurent $0^{mm},003$ ou même moins.

J'ai rencontré cette espèce, mélangée au *S. reflexa*, dans une toile mycélienne développée sur l'eau, autour d'une soucoupe poreuse qui contenait des excréments de chien, sur lesquels s'étaient développées diverses Mucorées. Elle paraît rare.

Syncephalis tetrathela (fig. 102-104). — Voici la plus petite espèce du genre et peut-être de toute la famille. Appuyé par quatre crampons simples provenant d'une double dichotomie sur les gros tubes des *Mucor* où ses filaments mycéliens sont installés en parasites, le tube sporangifère incolore, cylindrique dans sa moitié inférieure, puis renflé en massue et terminé en plateau au sommet, atteint à peine $0^{mm},040$ à $0^{mm},050$ de hauteur. Autour du plateau terminal, on voit, aux extrémités de deux diamètres rectangulaires, quatre mamelons portant chacun un sporange bifurqué en V. Le nombre des mamelons est constant ou à peu près; rarement j'en ai vu trois ou cinq; c'est de lui que la plante tire son nom spécifique, *S. tetrathela.*

La dichotomie basilaire des sporanges a lieu dans le plan vertical tangent à la tête. Les spores qui prennent naissance dans les deux branches sont sphériques, comme dans le *S. ventricosa;* ce sont jusqu'ici les deux seules espèces qui présentent ce caractère. Celle qui occupe la base indivise du sporange est triangulaire à angles arrondis. Elles sont incolores, ou parfois légèrement teintées de jaune, un peu plus grandes que celles du *S. ventricosa*, et mesurent $0^{mm},004$. Bien visible dans le jeune âge, à cause de la forme des spores et de la matière hyaline qui les sépare, la membrane du sporange se résorbe le plus souvent à la maturité, mais sur certains échantillons elle persiste en prenant une teinte brunâtre. Elle est alors bien facile à voir en place; la pression la déchire, en fait sortir les spores sphériques et permet d'en isoler d'assez longs fragments.

J'ai rencontré à différentes reprises le *S. tetrathela* sur les *Mucor* du crottin de cheval, souvent mélangé à d'autres espèces. Ses fructifications échappent naturellement à l'œil, même armé d'une forte loupe.

Syncephalis reflexa (fig. 96-104). — Toutes les espèces que je viens de décrire ont le tube sporangifère droit. Mais déjà, dans notre premier travail, nous avons fait connaître un *Syncephalis* dont le filament fructifère, dressé sur ses crampons dans sa région inférieure, se dilate plus haut et se recourbe progressivement en corne : c'est le *S. cornu*, que représentent les figures 83 et 95, et dont nous avons achevé l'étude aujourd'hui en décrivant ses zygospores et leur germination. A côté de lui vient se placer une espèce bien distincte et plus petite encore.

Appuyé sur les tubes de *Mucor* par une étoile de crampons, composée ordinairement de quatre branches bifurquées, le tube sporangifère est ici un peu renflé à la base, puis il se rétrécit et demeure cylindrique et dressé dans les trois quarts de sa longueur. Vers le sommet seulement et avant de se renfler, il se recourbe brusquement à angle droit; c'est sur la face inférieure de l'extrémité recourbée que le renflement est le plus prononcé et que sont portés les sporanges; la surface mamelonnée et sporangifère se trouve donc réfléchie vers le bas. De là le nom spécifique *S. reflexa*. De nombreux petits mamelons coniques hérissent toute cette face inférieure bombée, et chacun d'eux porte, comme dans le *Sync. cornu*, un sporange simple, dont toutes les spores ont la même forme cylindrique renflée en tonneau au milieu, excepté la première, qui est pointue à l'un de ses bouts.

La hauteur du filament sporangifère, qui a la forme d'une canne à poignée courbe et renflée, ou d'une crosse, atteint à peine $0^{mm},100$. Son protoplasma est incolore, mais après la maturité sa membrane durcit et brunit un peu. Les spores mûres, mises à nu par la résorption de la membrane qui les enveloppe et peu à peu dissociées par la dissolution de la matière interstitielle qui les unit, mesurent $0^{mm},008$ de longueur sur $0^{mm},004$ de largeur. Elles sont incolores ou légèrement teintées de jaune brunâtre. Comme celles de tous les autres *Syncephalis*, elles germent sans se gonfler notablement et en poussant par chaque bout un filament très-grêle.

Trouvée d'abord sur les *Mucor* du crottin de cheval, cette espèce a été cultivée en grand à l'état de pureté parfaite. Son mycélium traîne en forme de toile légère sur le bord des soucoupes et sur l'eau qui les baigne, en se couvrant d'innombrables crosses fructifères à grand'peine visibles à la loupe. Quand il est surabondamment nourri, notamment quand il ravage une belle culture de *Pilobolus roridus* ou *crystallinus*, circonstance où je l'ai plusieurs fois observé, il forme sur l'eau une toile plus épaisse que d'habitude, à filaments plus gros et plus enchevêtrés. C'est dans ces conditions que ces filaments développent sur leur trajet les grappes de stylospores granuleuses que nous avons étudiées plus haut précisément dans cette espèce. Ces innombrables stylospores donnent au mycélium un aspect gris jaunâtre et pulvérulent caractéristique.

Par la forme du tube sporangifère, qui n'est ni progressivement dilaté vers le haut, ni progressivement courbé en corne, ni surtout brusquement étranglé au-dessous du renflement terminal, le *S. reflexa* se distingue nettement du *S. cornu*. Mais ces deux espèces se réunissent pour former dans le genre *Syncephalis* une section spéciale, caractérisée par la courbure de la tige fructifère, à peu près comme chez les Mucorées les *Circinella* le sont par rapport aux *Mucor*. Je ne crois pas toutefois que les *Syncephalis* à tige recourbée puissent, quant à présent, être érigés à l'état de genre distinct.

Tel est l'état actuel du genre *Syncephalis*. On en connaît treize espèces, et j'ai des raisons de croire qu'il en existe plusieurs autres. Chez toutes on a étudié la structure du mycélium, son mode de végétation et son parasitisme facultatif; chez toutes aussi, l'organisation si remarquable de l'appareil sporangifère; chez quelques-unes seulement, les grappes de stylospores; chez une seule enfin, l'appareil sexué, les zygospores et leur germination.

Pour faciliter la détermination de ces espèces et la caractérisation de celles qui restent à découvrir, je les rapproche ici dans un tableau d'ensemble.

Filaments sporangifères	droits,	isolés. Sporanges	tous simples. Spores	en bâtonnets			*S. sphærica.*
				sphériques			*S. ventricosa.*
			tous rameux	dichotomes. Spore basilaire	symétrique. Sporanges	nombreux	*S. cordata.*
						quatre	*S. tetrathela.*
					unilatérale		*S. asymmetrica.*
				polytomes. Spore basilaire	linéaire transversale		*S. depressa.*
					conique. Filament	cylindrique	*S. minima.*
						noueux	*S. nodosa.*
			simples et rameux mélangés,	ramifiés seulement à la base			*S. intermedia.*
				ramifiés à la base et à toute hauteur			*S. ramosa.*
		fasciculés					*S. fasciculata.*
	recourbés ...	en corne					*S. cornu.*
		en crosse					*S. reflexa.*

PIPTOCEPHALIS de Bary et Wor.

Piptocephalis fusispora sp. nov. (pl. 4, fig. 137-145). — *Piptocephalis microcephala* sp. nov. (fig. 146-153). — *Piptocephalis cruciata* sp. nov. (fig. 154-159). — *Piptocephalis sphærospora* (fig. 160-164).

M. Brefeld a décrit le mode de parasitisme du *Piptocephalis Freseniana;* il y a suivi la formation des spores, qui sont pour lui comme pour MM. Fresenius, de Bary et Woronine, des conidies d'origine exogène, disposées en chapelet au sommet de basides qui terminent les dernières branches des dichotomies; enfin il en a fait connaître les zygospores dont il a obtenu la germination (1). Aussitôt après, nous avons, dans notre premier mémoire, décrit deux espèces nouvelles de ce genre, les *P. arrhiza* et *repens;* vérifié leur parasitisme en faisant toutefois des réserves sur sa nécessité; enfin démontré que les spores s'y forment à l'intérieur de sporanges allongés en baguettes et dont la membrane se résorbe à la maturité (2).

En ce qui concerne le parasitisme des *Piptocephalis*, les réserves que nous avions faites alors doivent être abandonnées aujourd'hui. Frappés de la ressemblance des *Piptocephalis* avec les *Syncephalis,* ayant démontré que chez ces derniers le parasitisme est certainement facultatif, nullement nécessaire, et croyant de plus (ce qui était inexact, comme je l'ai fait voir plus haut) que la fixation s'y opère de la même manière, nous n'avions pas osé tirer de l'insuccès persistant de nos tentatives pour cultiver les *Piptocephalis* purs, la conclusion que M. Brefeld avait cru pouvoir déduire de ces mêmes échecs. « Ces échecs, disions-nous, ne nous paraissent pas démontrer autre chose, si ce n'est que les *Piptocephalis* sont beaucoup plus difficiles à cultiver sur le porte-objet que la plupart des autres Mucorinées... Nous ne croyons donc pas, jusqu'à preuve nouvelle, pouvoir admettre que les *Piptocephalis* soient nécessairement parasites (1). »

---

(1) Brefeld, *Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze*, 1872, p. 41.

(2) Ph. Van Tieghem et G. Le Monnier, *Recherches sur les Mucorinées*, 1873 (*loc. cit.*, p. 363).

J'ai repris la question en instituant de nouvelles séries de cultures cellulaires comparatives : les unes simples, ne renfermant qu'une ou quelques spores de *Piptocephalis arrhiza ;* les autres doubles, contenant en outre une spore de Pilobolée (*Pilobolus œdipus*, *Pilaira Cesatii*) ou de Mucorée (*Mucor*, *Rhizopus*, *Phycomyces*, *Thamnidium*, *Chætocladium*). Dans les premières, la spore de *Piptocephalis* germe de la manière bien connue, mais les tubes flexueux qui en émanent se ramifient peu et s'arrêtent bientôt dans leur développement, tout en demeurant pendant longtemps pleins d'un protoplasma très-réfringent. Dans les secondes, au contraire, les tubes émanés de la spore de *Piptocephalis* sont, dès les premiers instants, plus longs et plus grêles et bien avant d'avoir touché le filament nourricier vers lequel ils se dirigent, ils ont déjà un tout autre aspect que dans la culture simple de comparaison. La présence du jeune mycélium hospitalier se fait donc sentir à distance sur le parasite dès les premiers débuts de son développement. Il m'est même arrivé plusieurs fois de deviner, au seul aspect de ces tubes germinatifs, la présence dans la goutte nutritive d'une spore de *Mucor* introduite par mégarde dans une culture cellulaire marquée comme simple.

Une fois venu au contact du filament hospitalier, le sommet du tube germinatif du *Piptocephalis* s'y applique comme on sait, en se renflant un peu, perce la membrane et introduit dans le protoplasma un stylet aussitôt divisé en plusieurs tubes excessivement fins, qui divergent en pinceau sans se prolonger et dont l'ensemble forme un suçoir (fig. 164). Ainsi fixé et nourri, le tube germinatif grossit dans toute son étendue ; les autres tubes émanés avec lui de la spore et demeurés courts jusque-là, se développent et se ramifient, et son extrémité renflée produit elle-même de nouvelles branches. Tous ces tubes sont flexueux dans leur marche, tortillés sur eux-mêmes et çà et là anastomosés entre eux ; certaines de leurs branches, appuyant leurs sommets sur les filaments nourriciers, s'y fixent à leur tour par des suçoirs pareils au premier, et dont les renflements sont le point de départ de branches nouvelles. Enfin le mycélium ainsi constitué ne tarde pas à relever dans l'air certains de ses tubes pour produire les filaments sporangifères dichotomes.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 369.

Devant cette différence constante entre le résultat des cultures simples et celui des cultures doubles, je n'hésite plus aujourd'hui à admettre que les *Piptocephalis* sont des parasites nécessaires. On en acquiert d'ailleurs une preuve nouvelle, si, prenant une de ces cultures simples où les spores de *Piptocephalis* n'ont formé que quelques tubes courts arrêtés déjà dans leur développement depuis quatre ou cinq jours, on sème dans la goutte nutritive une ou quelques spores de *Mucor*. Dès le lendemain, les tubes de *Piptocephalis* se sont allongés en s'amincissant, et bientôt ils se fixent aux tubes mycéliens du *Mucor*. A partir de ce moment, ils se comportent comme dans les cultures primitivement doubles. Cette expérience prouve en même temps que les tubes germinatifs du parasite peuvent demeurer assez longtemps stationnaires sans perdre la faculté de se développer plus tard, quand des filaments hospitaliers viennent à passer dans leur voisinage.

Étant ainsi nécessairement parasites sur le mycélium d'autres Mucorinées, les *Piptocephalis* ne font-ils pas un choix entre les divers genres de la famille ? M. Brefeld affirme qu'ils se développent indistinctement et avec une égale vigueur sur toutes les Mucorinées à lui connues. Et de fait, comme nous l'avons dit plus haut, ils prospèrent aussi bien avec les *Pilobolus* et les *Pilaira* qu'avec les divers genres de la tribu des Mucorées, y compris les *Chætocladium*. Les cultures doubles où l'on sème une spore de *Chætocladium* et quelques spores de *Piptocephalis* sont particulièrement intéressantes sous ce rapport, parce que les *Chætocladium* sont eux-mêmes et à divers degrés, suivant les espèces, parasites facultatifs sur d'autres Mucorinées.

S'il s'agit du *Chætocl. Jonesii*, dont le mycélium se compose, comme on l'a vu dans notre premier travail, d'une rosette de gros tubes rayonnants et dont le parasitisme facultatif ne s'exerce que dans l'air entre filaments fructifères, les tubes germinatifs du *Piptocephalis* appliquent leurs sommets sur ces branches rayonnantes, les percent et y développent leurs suçoirs en pinceau, mais sans y déterminer de boursouflures; les deux plantes fructifient ensuite abondamment. Si c'est le *Ch. Brefeldii*, dont le mycélium est diffus et dont le parasitisme, facultatif encore, mais à un moindre degré, s'exerce à la fois dans le milieu nutritif entre tubes mycéliens et dans l'air entre filaments fructifères, les tubes germinatifs du *Piptocephalis* se fixent par leur sommet sur ces longues branches diffuses, y enfoncent leurs stylets, y forment des suçoirs, et y déterminent en même temps de nombreuses boursouflures autour du point de pénétration. Seul, en cultures cellulaires, le *Ch. Brefeldii* ne donne, on le sait, que d'assez maigres fructifications; ainsi attaqué, il lui arrive quelquefois de ne pas fructifier du tout, mais pourtant sur plusieurs cultures doubles, où le nombre de points attaqués et de suçoirs formés par le *Piptocephalis* était assez faible, les deux plantes ont fructifié à la fois. Ainsi, non-seulement le *Ch. Brefeldii* n'est pas parasite nécessaire, comme le croyait M. Brefeld, il peut fructifier tout seul; mais encore il peut, tout en fructifiant lui-même, nourrir et faire fructifier un parasite nécessaire, un *Piptocephalis*. Toutefois l'association acquerra, on le conçoit, une bien plus grande vigueur si on lui fournit la base nourricière qu'elle comporte, en semant dans la goutte nutritive, en même temps que les spores du *Ch. Brefeldii* et du *P. repens*, une spore de *Mucor Mucedo*, par exemple. Dans cette triple culture, le *Chætocladium* se fixe au *Mucor;* le *Piptocephalis* s'établit soit sur le *Mucor*, qui nourrit ainsi deux parasites à la fois, un facultatif et un nécessaire, soit, plus souvent, sur le *Chætocladium*, et de préférence, comme l'a remarqué M. Brefeld qui a réalisé de son côté de pareilles cultures mélangées, sur les boursouflures que le *Chætocladium* produit précisément autour des points où lui-même s'insère sur le *Mucor*. Dans ce dernier cas, la triple association, dont les membres fructifient à la fois, se compose d'une plante indépendante, le *Mucor Mucedo*, d'un parasite facultatif nourri directement par elle, le *Chætocladium Brefeldii*, et d'un parasite nécessaire, le *Piptocephalis repens*, alimenté directement par le *Chætocladium* et indirectement par le *Mucor*, sur lequel il est parasite au second degré.

J'ai pu compliquer encore cette curieuse association en y introduisant un *Syncephalis* comme quatrième élément. Le *Syncephalis* (*S. cordata*, *nodosa*) peut, nous le savons, attaquer indifféremment le *Mucor*, le *Chætocladium* et le *Piptocephalis*; mais s'il est introduit tardivement dans la culture, il pourra ne s'adresser qu'au *Piptocephalis*. Par rapport au *Mucor*, il se trouve alors parasite au troisième degré. On observe même assez souvent de ces cultures quadruples, où le mycélium du *Mucor* étant épuisé par le *Chætocladium*, celui-ci par le *Piptocephalis*, celui-ci à son tour par le *Syncephalis*, cette dernière plante arrive seule à fructifier, en consommant le protoplasma dont le *Mucor* a puisé directement les éléments dans le milieu extérieur, et qui, avant de lui parvenir, a passé successivement par le corps des trois plantes précédentes.

Mais si les *Piptocephalis* sont indifféremment parasites sur toutes les Pilobolées et les Mucorées, il en est tout autrement des *Mortierella* que M. Brefeld paraît n'avoir pas connus. Cultivé en cellule en société avec un *Mortierella* (*M. polycephala*, *M. tuberosa*, *M. candelabrum*, etc.), un *Piptocephalis* (*P. arrhiza*, *P. fusispora*) se comporte absolument comme lorsqu'il est seul. Associé en culture cellulaire triple à un *Mortierella* et à une Pilobolée ou Mucorée quelconque, il se fixe aux tubes de celle-ci, et ses filaments mycéliens, en se développant, passent fréquemment au contact des tubes mycéliens du *Mortierella* sans jamais y contracter adhérence. Les *Piptocephalis* sont donc incapables de se nourrir aux dépens des *Mortierella*. En étudiant ce dernier genre, j'ai déjà cité ce fait comme accusant une différence profonde entre les *Mortierella* et les plantes des deux tribus précédentes. Les *Piptocephalis* montrent la même indifférence vis-à-vis des *Syncephalis*, et c'est là un nouveau trait de ressemblance entre les *Syncephalis* et les *Mortierella*. Au contraire, nous savons que les *Syncephalis* attaquent énergiquement les *Piptocephalis*, notamment leurs filaments sporangifères et leurs spores. Nous avons donc l'exemple d'un parasite nécessaire qui, mis en présence d'un parasite facultatif, non-seulement ne l'attaque pas, mais encore est dévoré par lui.

En résumé, le parasitisme des *Piptocephalis* est nécessaire, mais en même temps limité aux genres des deux premières tribus (Pilobolées et Mucorées) de la famille des Mucorinées.

Ce parasitisme nécessaire et les caractères qu'il imprime à l'appareil végétatif, tels que la germination transversale des spores, le mode particulier de fixation et le tortillement si caractéristique des tubes mycéliens, enfin leur végétation toujours intérieure au milieu nutritif, séparent déjà profondément les *Piptocephalis* des *Syncephalis*. A ces différences, la comparaison des appareils reproducteurs asexué et sexué de ces deux genres en ajoute plusieurs autres que nous allons résumer.

L'apparition du filament sporangifère des *Piptocephalis* sur le mycélium n'est pas précédée de la formation de cette patte dichotome que nous avons vue chez les *Syncephalis* jouer d'abord le rôle d'un réservoir nutritif sur lequel se dresse le tube et plus tard celui de crampons qui le maintiennent en équilibre. Quand les *Piptocephalis* possèdent des crampons, ce qui a lieu chez plusieurs espèces rampantes, ces organes ont une origine différente.

En revanche, tandis que le tube fructifère des *Syncephalis* est toujours simple, celui des *Piptocephalis* est toujours ramifié en dichotomie. Dans le premier genre, il semble donc que la ramification dichotome s'épuise à la racine du filament pour se retrouver, il est vrai, chez plusieurs espèces dans les sporanges qui en composent la cime; dans le second, absente à la base et au sommet, elle règne au contraire dans toute la longueur intermédiaire.

L'unique sommet du filament simple, ou les multiples extrémités du filament dichotome, se renflent toujours plus ou moins et bourgeonnent à la surface pour produire des sporanges allongés en baguettes. Mais tandis que la tête sporangifère des *Syncephalis* ne se sépare jamais par une cloison du tube qui la porte, chaque tête sporangifère de *Piptocephalis*, non-seulement s'isole par une cloison de la branche qu'elle termine, mais s'en détache et tombe avec les spores à la maturité.

Tantôt simples, tantôt ramifiés de diverses manières dans les *Syncephalis*, les sporanges sont au contraire toujours simples dans les *Piptocephalis* actuellement connus. J'ai aperçu cependant plusieurs fois dans les *P. repens*, *cruciata* et *fusispora* deux baguettes exceptionnellement soudées à la base, en d'autres termes un sporange bifurqué comme dans le *S. cordata ;* la spore inférieure avait alors la forme d'un triangle plus ou moins échancré (fig. 159, *b*). A l'intérieur de ces sporanges, les spores et la matière interstitielle se forment exactement de la même manière, qu'il s'agisse d'un *Syncephalis* ou d'un *Piptocephalis*, comme on le voit en comparant les figures 142, 158 et 162 de la planche 4 avec les figures correspondantes de la planche 3.

Je n'ai pas rencontré jusqu'à présent, dans ce dernier genre, les stylospores que nous avons étudiées tout à l'heure dans le premier.

Enfin, si nous comparons entre eux les deux appareils sexués et les œufs ou zygospores qu'ils produisent, nous y remarquons une grande analogie avec des différences marquées. Les deux rameaux sexués sont parallèles l'un à l'autre et viennent, en s'inclinant à peine, se toucher au sommet dans les *Syncephalis;* ils divergent largement pour se recourber ensuite l'un vers l'autre en forme de mors de pince dans les *Piptocephalis*. Les deux cellules conjuguées sont constamment inégales dans le premier genre, ce qui accuse entre elles une différence sexuelle ; elles sont parfaitement égales dans le second, où toute différence sexuelle disparaît au dehors, et cette dégradation est peut-être ici, comme chez les

Sporodinia et *Spinellus*, en rapport avec la vie parasite. Voilà toute la différence. Dans les deux cas, les deux cellules conjuguées étant relativement très-longues, si leurs corps protoplasmiques se pénétraient sur place comme dans les Mucorées, la zygospore aurait une forme bizarre, arquée en fer à cheval dans les *Piptocephalis*, ployée en U dans les *Syncephalis*. Aussi viennent-ils s'accumuler et se pénétrer sur la ligne de jonction en formant au sommet même de l'appareil une proéminence sphérique qui plus tard s'enveloppe d'une membrane propre et devient la zygospore, toujours revêtue par un prolongement de la membrane des deux cellules conjuguées. En un mot, il y a sous ce rapport, entre les Mucorées et les Syncéphalidées, une différence de même ordre qu'entre un *Staurospermum*, par exemple, et un *Mesocarpus* ou un *Pleurocarpus*.

C'est d'une façon plus compliquée, et à mon sens inexacte, que M. Brefeld a interprété et décrit les choses dans le *Piptocephalis*. Guidé par une fausse analogie avec le *Mucor* et le *Chætocladium*, M. Brefeld appelle ici zygospore tout l'espace courbe compris entre les deux cloisons basilaires des cellules conjuguées, dénomination inexacte, puisque le protoplasma compris dans ce volume ne s'individualise pas ici comme dans les Mucorées, en se revêtant d'une membrane propre. Partant de là, il admet que cette zygospore n'a qu'une existence transitoire, et qu'elle se partage bientôt en trois cellules, dont la médiane, proéminente en dehors et où s'est concentré peu à peu tout le protoplasma, forme une chronispore (*Dauerspore*), tandis que les deux latérales sont vides et ne renferment qu'un liquide hyalin. « Zygospore et chronispore, dit M. Brefeld, sont donc ici deux choses tout à fait différentes, pendant que chez les *Mucor* elles ne forment qu'un seul et même organe. La chronispore est une production secondaire de la zygospore, une cellule fille née d'elle par voie de division (1). » Ce botaniste reconnaît d'ailleurs que la chronispore des *Piptocephalis* a la même structure, le même mode de germination, en un mot la même valeur biologique que les vraies zygospores.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 51.

Par la façon très-simple dont nous avons expliqué les choses, on a pu voir que les zygospores des Syncéphalidées ont aussi la même valeur morphologique que celles des Mucorées. Elles n'en diffèrent que par la manière dont s'opère la pénétration réciproque des deux corps protoplasmiques et par la position relative qu'occupe plus tard le produit de cette pénétration. Mais qui voudrait prétendre que le corps reproducteur d'un *Staurospermum* a une valeur morphologique autre que celui d'un *Mesocarpus*, et que, zygospore chez le premier, il n'est chez le second qu'un produit secondaire d'une zygospore transitoire devenue tricellulaire, une chronispore? Ce qui a fait illusion à M. Brefeld, c'est que chez les Syncéphalidées la zygospore en voie de formation est nourrie par un afflux latéral de protoplasma, et que sa membrane propre, déjà épaissie et tuberculeuse dans sa région médiane, ne se ferme que plus tard latéralement. Mais les choses se passent exactement de la même manière chez les Mucorées. Elles y sont moins nettes seulement, parce que les faces latérales de la zygospore y touchent directement les cloisons basilaires des cellules conjuguées, tandis qu'elles en sont fort éloignées chez les Syncéphalidées. Par cette constante nutrition de la zygospore en voie de formation, le phénomène de conjugaison, tel qu'on l'observe chez les Mucorinées, me paraît d'ailleurs différer essentiellement de celui que présentent les Algues de la famille des Conjuguées, bien qu'on puisse, comme nous venons de le voir, rencontrer dans ces deux groupes des variations secondaires de même ordre.

Le genre *Piptocephalis*, dont nous venons de résumer les caractères en les comparant à ceux des *Syncephalis*, se composait jusqu'ici de trois espèces : le *P. Freseniana*, signalé par M. Fresenius, nommé par MM. de Bary et Woronine, si bien étudié depuis par M. Brefeld, et les *P. repens* et *arrhiza*, décrits dans notre premier mémoire. A ces trois espèces je puis aujourd'hui en ajouter quatre autres dont je vais tracer maintenant les principaux caractères.

Piptocephalis fusispora (pl. 4, fig. 137-145). — Le mycélium de cette plante produit de longues branches dichotomes qui, avant de se redresser pour former les tubes sporangifères, rampent quelque temps à la surface du substratum ou des corps humides environnants. Le redressement a lieu précisément à une dichotomie; l'une des deux branches se bifurque aussitôt un certain nombre de fois en des points rapprochés de manière à former un faisceau de crampons; l'autre s'élève verticalement et constitue la tige principale de l'appareil fructifère. Par cette végétation rampante et le développement corrélatif de crampons, cette espèce ressemble au *P. repens*, mais elle est beaucoup plus petite.

Les premières entrefourches du filament fructifère sont alternativement très-courtes et très-longues; en d'autres termes, les premières bifurcations y sont rapprochées deux par deux, de manière que les branches principales paraissent au premier abord naître quatre par quatre au même niveau. Cette circonstance suffit à donner à la plante un port tout particulier. Les branches moyennes sont souvent disposées trois par trois, et les dernières sont deux par deux, comme dans les autres espèces. Ces derniers rameaux sont très-écartés, comme dans le *P. repens*, mais beaucoup plus longs et plus minces, ayant à peine $0^{mm},001$ à $0^{mm},002$ de largeur, quand le tube principal a environ $0^{mm},015$. Ils se terminent par un petit renflement sphérique, séparé par une cloison et dont la surface est marquée de petits tubercules saillants, où s'attachent autant de sporanges en forme de baguettes. Cette tête sphérique est caduque et mesure seulement $0^{mm},005$ à $0^{mm},007$. Les spores, qui prennent naissance en une seule série à l'intérieur de chaque sporange cylindrique simple, sont renflées au milieu, pointues aux deux bouts, fusiformes en un mot, et une matière interstitielle hyaline occupe les intervalles assez grands laissés entre elles et la membrane du sporange. Celle-ci se résorbe le plus souvent à la maturité, et les chapelets de spores tombent avec la tête qui les porte et se dissocient. Les spores sont très-petites, toutes égales entre elles et mesurent $0^{mm},003$ à $0^{mm},004$ de longueur pour $0^{mm},002$ de largeur. Leur germination est transversale comme celle des autres espèces.

A la maturité, tout l'appareil dichotome aérien se cuticularise et se colore en jaune brun ; la matière colorante se distribue sur la membrane en bandes longitudinales brunes et granuleuses, séparées par des bandes blanches et lisses, de façon que les tubes paraissent cannelés comme ceux du *P. repens*. Ces tubes sont en général dépourvus de cloisons. Cependant j'en ai observé plusieurs fois dans la région inférieure du filament principal. Elles présentent à leur centre un renfoncement en doigt de gant dirigé vers le haut, et souvent ces doigts de gant sont largement ouverts à leur sommet. Ces cloisons tubuleuses percées s'observent souvent aussi dans les *P. repens* et *arrhiza*. Il semble que, postérieurement à la formation des cloisons, le tube fructifère ait été traversé de bas en haut par un courant dont la pression a déterminé au centre de chaque diaphragme une boursouflure tubuleuse, plus tard perforée.

Par ses premières dichotomies rapprochées deux par deux, ses têtes sporangifères très-petites et sphériques, enfin par ses spores fusiformes, ce *Piptocephalis* diffère très-nettement des trois autres espèces connues, notamment du *P. repens*, dont il se rapproche par son mode de végétation. C'est de la forme des spores que j'ai tiré son nom spécifique *Piptocephalis fusispora*.

Je l'ai rencontré en novembre sur un *Helvella crispa* en voie d'altération, en société d'un *Mucor* nouveau, sur les filaments mycéliens duquel il était établi en parasite.

Piptocephalis microcephala (fig. 146-153). — Comme dans les *P. repens* et *fusispora*, les tubes fructifères dichotomes de cette nouvelle espèce rampent pendant un certain temps, et au point où ils se redressent, ils transforment une de leurs branches dichotomes en un système de crampons. Dans toute la région verticale, les filaments sont colorés en jaune brun à la maturité et fortement cannelés. On y observe des cloisons, notamment à la base des branches, et certaines de ces cloisons sont munies d'un appendice en doigt de gant, dirigé vers le haut et percé au bout. Les branches des dichotomies successives vont en diminuant régulièrement de longueur, et sous ce rapport la plante se rapproche du *P. repens* plus que du *P. fusispora*. Mais elle est beaucoup plus petite dans toutes ses parties.

Les dernières extrémités de la dichotomie sont courtes, amincies et divergent à angle droit. Elles se terminent par un très-petit renflement triangulaire, présentant sur sa face supérieure un petit nombre de très-légères protubérances à chacune desquelles est fixée une baguette très-courte. Ces baguettes, qui sont les sporanges, forment chacune quelquefois deux spores et quelquefois une seule dans son intérieur. Ces spores ont la forme de bâtonnets cylindriques et mesurent 0$^{\text{mm}}$,006 de longueur sur 0$^{\text{mm}}$,003 de largeur. Puis la membrane enveloppante se résorbe, et le petit paquet de spores agglutinées entre elles latéralement se détache tout d'une pièce avec la petite tête vide qui le porte et dont il ne se sépare pas.

C'est de cette extrême petitesse de la tête triangulaire qui porte les sporanges et qui atteint seulement 0$^{\text{mm}}$,003 à 0$^{\text{mm}}$,004, que j'ai tiré le nom spécifique de la plante *Piptocephalis microcephala*. Jointe au petit nombre des sporanges, à leur dimension très-faible puisqu'ils ne forment que deux spores, et assez souvent une seule, et à la constante adhérence des spores mûres entre elles et avec la tête, elle suffit à caractériser cette espèce par rapport à toutes les autres, et notamment au *P. repens* (1).

Je l'ai rencontrée sur des excréments de lapin, où elle était parasite sur le *Pilobolus roridus*.

---

(1) Quand la tête sporangifère des *Piptocephalis* se réduit ainsi et ne porte que quelques sporanges, on peut être tenté de la regarder comme analogue à chacun des petits corps triangulaires, également caducs et portant plusieurs sporanges, que l'on rencontre insérés côte à côte sur le renflement terminal du tube simple de certains *Syncephalis*. C'est l'interprétation que nous avions adoptée dans notre premier travail et d'où nous avions dérivé le nom même de *Syncephalis*. Mais cette analogie n'est nullement fondée. Petites ou grandes, les têtes sporangifères des *Piptocephalis* sont en effet toujours des cellules vides et stériles; les corps insérés sur le renflement terminal des *Syncephalis cordata*, *nodosa*, etc., et qui portent aussi plusieurs sporanges, ne sont pas autre chose au contraire que les bases mêmes d'autant de sporanges rameux, et il s'y produit une spore comme dans les branches qui en émanent. Le véritable analogue de la tête caduque des *Piptocephalis*, c'est le renflement terminal lui-même du tube des *Syncephalis*.

Piptocephalis cruciata (fig. 154-159). — Pour former le filament fructifère dichotome de cette plante, une branche mycélienne grêle se redresse directement en augmentant peu à peu de diamètre, puis demeurant cylindrique. A la maturité, la membrane du tube devient brun rosé et sa coloration est presque uniforme ; il faut du soin pour y apercevoir de fines stries longitudinales blanches; à ce moment, on y remarque de nombreuses cloisons assez régulièrement espacées. Il n'y a donc ici ni reptation, ni crampons, ni cannelures, et sous ce rapport c'est des *P. Freseniana* et *arrhiza* que l'espèce se rapproche.

Les entrefourches des dichotomies successives diminuent progressivement de longueur, mais les dernières branches, au lieu d'être plus courtes que les avant-dernières, comme cela a lieu dans les *P. Freseniana* et *arrhiza*, sont au contraire beaucoup plus longues et présentent souvent une cloison vers leur milieu. Il en résulte que les capitules ou groupes de sporanges sont fort écartés l'un de l'autre, et que la plante a un port étalé, une légèreté d'aspect que ne possède aucune autre espèce.

La tête sporangifère qui termine cette branche, et qui en est séparée par une cloison, a une forme toute spéciale. Grande et flabelliforme vue de côté, comme dans les *P. Freseniana*, *arrhiza* et *repens*, elle est elle-même très-nettement dichotome. Une profonde échancrure la partage d'abord en deux moitiés, ellesmêmes divisées en deux par un sillon perpendiculaire presque aussi profond. Vue d'en haut, la tête a donc la forme d'une croix. C'est de ce caractère que je tire le nom spécifique *Piptocephalis cruciata*. Chacune de ces quatre grosses branches se dichotomise à son tour plusieurs fois, dans des plans rectangulaires et par des sillons de moins en moins profonds ; à chaque fois, la branche inférieure de la bifurcation verticale demeure indivise, tandis que la branche supérieure continue à se bifurquer. Enfin, sur les derniers mamelons, les sporanges en baguette sont euxmêmes insérés deux par deux. Quelquefois la dichotomie envahit jusqu'aux sporanges eux-mêmes; j'en vois en effet quelques-uns bifurqués à la base et formant là une spore triangulaire profondément échancrée, phénomène que j'ai constaté aussi quelquefois dans les *P. repens* et *arrhiza*. Il arrive aussi que la quatrième dichotomie se marquant plus profondément sur une ou deux des quatre premières branches supérieures que sur les autres, la tête, vue d'en haut, présente la forme d'une étoile à cinq ou six grosses branches (1).

De ce grand développement et de cette ramification dichotome de la tête il résulte nécessairement que les sporanges en baguettes sont moins serrés que dans les *P. arrhiza* et *repens*. On en compte ordinairement une quarantaine divergeant en quatre faisceaux coniques (2). Ces baguettes sont courtes d'ailleurs, et ne développent pas plus de trois à cinq spores en général. Ces spores ont, comme c'est le cas le plus habituel, la forme de bâtonnets cylindriques; leur largeur est de $0^{mm},003$; leur longueur, assez inégale, atteint ordinairement $0^{mm},006$.

Le *P. cruciata* a été rencontré à plusieurs reprises sur les excréments du lapin et du rat, où il vivait en parasite sur divers *Mucor*.

Piptocephalis sphærospora (fig. 160-164). — C'est la plus petite des espèces de ce genre actuellement connues. Bifurqué deux ou trois fois seulement et directement dressé sur le milieu nutritif, le tube sporangifère y atteint à peine un demi-millimètre de hauteur. Comme dans les autres espèces à fructifications non rampantes et dépourvues de crampons, sa membrane brunit presque uniformément et sans présenter de cannelures bien marquées ; on y rencontre parfois des cloisons. Chaque branche des dernières dichotomies se termine par un petit renflement sphérique qui s'en sépare par une cloison basilaire, et qui bourgeonne sur sa moitié supérieure pour former un faisceau de sporanges en forme d'étroites baguettes. Chaque sporange produit une rangée de petites spores parfaitement sphériques, tout d'abord enveloppées par la membrane du doigt de gant, plus tard mises à nu par sa résorption, mais encore retenues en chapelet par la matière interstitielle, finalement dissociées, et tombant à terre en même temps que la tête sphérique qui a produit les sporanges. La forme des spores donne à la plante son nom spécifique *P. sphærospora;* c'est jusqu'ici la seule espèce qui présente ce caractère.

---

(1) Les têtes sporangifères des *P. arrhiza* et *repens* présentent déjà dans leur mamelonnement une disposition dichotome assez nettement indiquée, quoique beaucoup moins marquée que dans le *P. cruciata*.

(2) Après sept dichotomies successives, le nombre des mamelons sporangifères est de 44.

Les spores sont incolores et très-petites, mesurant $0^{mm},002$ à $0^{mm},003$. La tête elle-même ne dépasse pas $0^{mm},006$, et ressemble beaucoup à celle du *P. fusispora.*

J'ai rencontré cette petite espèce sur des excréments de chat, établie en parasite sur le mycélium de divers *Mucor* et du *Chætocladium Jonesii.* Je l'ai cultivée en cellule avec cette dernière plante; elle s'y attache, s'y fixe, y développe ses suçoirs (fig. 164), et les deux espèces fructifient à la fois.

En résumé, le genre *Piptocephalis* renferme aujourd'hui sept espèces que l'on peut caractériser comme il suit :

Filament sporangifère	d'abord rampant, puis dressé sur des crampons. Spores	cylindriques. Tête sporangifère	grande....		P. *repens.*
			très-petite.		P. *microcephala.*
		fusiformes			P. *fusispora.*
	directement dressé sans crampons. Spores	cylindriques. Tête sporangifère	irrégulièrement mamelonnée. Dernières branches	bilobées.	P. *arrhiza.*
				simples..	P. *Freseniana.*
			profondément dichotome.		P. *cruciata.*
		sphériques......................			P. *sphærospora.*

Le tableau suivant résume la division de la famille des Mucorinées d'abord en deux sous-familles, puis en quatre tribus, avec les caractères des quinze genres étudiés dans ce mémoire et dans le précédent.

MUCORINÉES. Mycélium primitivement unicellulaire. Des spores nées dans un sporange. Des œufs issus de conjugaison avec ou sans différence sexuelle appréciable. Filaments mycéliens

- gros et non anastomosés. Pas de stylospores. Une columelle dans le sporange multisporé. Membrane du sporange
  - cuticularisée, excepté suivant un anneau basilaire où elle difflue avec gonflement...... PILOBOLÉES. Sporange.........
    - projeté.............................. Pilobolus.
    - soulevé.............................. Pilaira.
  - totalement diffluente sans gonflement ou indéhiscente. MUCORÉES. Filament fructifère à végétation
    - définie. Tubes sporangifères
      - d'une seule sorte,
        - simples. Rameaux sexués
          - droits......... Mucor.
          - arqués
            - épineux. Phycomyces.
            - nus.... Spinellus.
        - dichotomes............ Sporodinia.
      - de deux sortes. Tubes sporangiolifères
        - simples
          - droits......... Chætostylum.
          - spiralés........ Helicostylum.
        - dichotomes............ Thamnidium.
    - indéfinie. Tubes sporangifères
      - droits. Sporanges
        - monospermes.......... Chætocladium.
        - polyspermes........... Rhizopus.
      - circinés........................ Circinella.
- fins et anastomosés. Des stylospores. Pas de columelle dans le sporange multisporé. Sporange
  - sphérique... MORTIÉRELLÉES.. Mortierella.
  - cylindrique.. SYNCÉPHALIDÉES. Tube sporangifère.........
    - simple................. Syncephalis.
    - dichotome............. Piptocephalis.

Genres non encore étudiés : *Aerophyton* Eschweiler, *Azygytes* Fries, *Cephaleuros* Kunze, *Crateromyces* Corda, *Diamphora* Martius, *Didymocrater* Martius, *Hemiscyphe* Corda, *Thelactis* Martius.

Dénominations génériques à rayer : *Ascophora* Tode (*Mucor*, *Rhizopus*, *Thamnidium*), *Hydrophora* Tode (*Mucor*), *Melidium* Eschweiler (*Thamnidium*), *Pilophora* Wallroth (*Mucor*), *Pleurocystis* Bonorden (*Mucor*), *Syzygites* Ehrenberg (*Sporodinia*).

VI

SUR QUELQUES AUTRES CHAMPIGNONS, PARASITES DES MUCORINÉES.

Nous avons terminé notre premier mémoire sur les Mucorinées par une étude du *Kickxella alabastrina*, plante que Coemans avait cru pouvoir rattacher à cette famille, mais qui lui est totalement étrangère par son organisation. En même temps, nous faisions connaître sous le nom de *Coemansia reversa* un type nouveau, voisin du précédent, et qui forme avec lui et avec le *Martensella pectinata* de Coemans un petit groupe naturel de Champignons, probablement Ascomycètes (1).

Dans la suite de mes recherches, j'ai revu souvent le *Kickxella* et le *Coemansia* sur les excréments du cheval, du chien, du rat, et toujours en société de diverses Mucorinées. J'ai donc repris la culture de ces deux plantes, et par la comparaison d'une double série de semis cellulaires, les uns simples, les autres doubles, je me suis assuré qu'elles sont parasites sur le mycélium de diverses Mucorinées. Elles s'y fixent à la manière des *Piptocephalis*, et leur parasitisme est aussi nécessaire que celui de ces dernières plantes. D'ailleurs la germination transversale de leurs spores, qui s'opère au milieu de la longueur dans le *Kickxella* et tout près de l'une des pointes dans le *Coemansia*, et surtout le tortillement particulier de leurs tubes mycéliens, sont autant de traits de ressemblance avec les *Piptocephalis*, résultant non d'une conformité d'organisation, mais d'une commune adaptation à la vie parasite.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 385 et suiv.

Il est probable que le *Martensella pectinata* se trouve dans le même cas.

Outre ces trois parasites, j'en ai rencontré deux autres, étrangers comme eux à la famille des Mucorinées, et qui doivent constituer deux types génériques distincts. Je vais les décrire ici brièvement.

DIMARGARIS gen. nov.

Dimargaris cristalligena sp. nov. (fig. 165-172).

Haut de 3 à 5 millimètres et parfaitement blanc, le filament sporifère de cette plante se compose de cellules superposées, dont le protoplasma renferme des cristalloïdes tabulaires en forme de losange ou de carré, et dont les cloisons présentent au centre et de chaque côté un bouton brillant plus ou moins développé. Ce bouton est quelquefois formé de deux ou trois disques superposés de plus en plus petits; parfois la cloison se déprime tout autour et se creuse en un puits plus ou moins profond. Ailleurs la cloison se dédouble avant de se voûter ainsi et les deux boutons sont séparés par un espace lenticulaire ; ou bien, après s'être dédoublée, elle ne s'enfonce que d'un seul côté; enfin il arrive que le doigt de gant se trouve percé plus tard au sommet comme dans le *Piptocephalis* (fig. 168). C'est de la présence constante, sur toutes les cloisons de la plante, de ces deux boutons d'épaississement, de ces deux perles brillantes, que j'ai tiré le nom générique *Dimargaris ;* le développement constant des cristalloïdes dans le tube sporifère m'a donné ensuite la dénomination spécifique *D. cristalligena.*

Le sommet du filament, renflé en massue, produit par bourgeonnement un grand nombre de petits rameaux cylindriques ou claviformes non en contact les uns avec les autres et séparés de la tête par une petite cloison munie de ses deux granules. Ces rameaux sont composés habituellement de trois cellules; l'inférieure allongée, les deux autres plus petites, ovales ou sphériques.

La dernière cellule porte ordinairement trois chaînettes de spores, une dans le prolongement de l'axe du rameau, les deux autres latérales. L'avant-dernière cellule produit, immédiatement au-dessous de la cloison qui la sépare de la dernière, un verticille de chapelets de spores semblables. Enfin la longue cellule basilaire porte aussi un verticille de chaînettes latérales au-dessous de la cloison qui la sépare de la cellule suivante. L'ensemble de ces rameaux tricellulaires et des chaînettes de spores qu'ils produisent, disposées en trois étages successifs, forme une tête assez grosse, souvent enveloppée d'une goutte d'eau. A la maturité, les spores se détachent et tombent; les deux cellules arrondies des rameaux sporifères s'isolent également, et les longues cellules basilaires demeurent seules adhérentes au sommet renflé du tube; elles finissent par se détacher à leur tour en laissant sur le renflement autant de cicatrices circulaires marquées au centre d'un granule noir. Les spores sont ovales, très-petites, et mesurent $0^{mm},004$ de longueur sur $0^{mm},003$ de largeur; leur développement dans le chapelet est acropète.

L'état que je viens de décrire est le plus habituel, mais les choses peuvent être plus compliquées. Ainsi les rameaux sporifères peuvent avoir quatre cellules au lieu de trois, et porter alors quatre étages de chapelets de spores, ou plutôt cinq étages, car le chapelet terminal forme à lui seul un étage indépendant du verticille qui entoure sa base. Mais surtout il peut arriver que dans le verticille inférieur, une ou plusieurs des chaînettes de spores soient remplacées par un rameau formé d'une ou deux grosses cellules et portant lui-même un ou deux verticilles de chapelets de spores.

Les choses peuvent être aussi plus simples. Les rameaux sporifères peuvent, en effet, n'avoir que deux cellules ou même être réduits à la cellule claviforme inférieure. Dans ce dernier cas, les spores forment une chaînette terminale et un verticille de chaînettes autour de sa base, verticille dans lequel le nombre des chapelets peut même se réduire à deux. Dans les fructifications obtenues en cellule et où les rameaux sporifères sont habituellement tricellulaires, le nombre de ces rameaux est assez faible.

L'un d'eux est situé dans le prolongement de l'axe du filament; les autres forment sur le renflement terminal, au nombre de quatre ou cinq, un verticille autour de la base du premier.

Après la maturité de la tête terminale, l'avant-dernière cellule du filament produit souvent sous sa cloison supérieure une branche latérale qui se termine par une tête semblable, et il peut en être de même sur l'antépénultième article.

La cellule basilaire du filament, au-dessous de laquelle il s'amincit rapidement et se prolonge dans le milieu nutritif en un tube mycélien grêle, porte tout le long de sa surface un grand nombre de rameaux disposés en verticilles alternes, renflés à la base, puis atténués et de plus en plus grêles, cloisonnés à l'insertion et dans toute la longueur, et portant sur chaque cloison deux granules brillants. Ces rameaux s'enfoncent dans le substratum; ils jouent le rôle de racines adventives pour fixer et nourrir la tige sporifère.

Enfin le mycélium est formé de tubes rameux très-grêles, dont le diamètre ne dépasse pas $0^{mm},004$ à $0^{mm},006$, quand celui du filament fructifère mesure environ $0^{mm},040$, tortueux dans leur marche, cloisonnés et portant sur chaque cloison les deux perles caractéristiques. Çà et là les branches portent des rameaux arqués ou crochus, réduits à une seule cellule et qui demeurent longtemps remplis d'un abondant protoplasma.

Voilà les principaux caractères de cette plante, telle que je l'ai rencontrée dans la nature à plusieurs reprises sur des excréments de rat et telle que je l'ai cultivée en grand sur du crottin de cheval bouilli, en mélange avec diverses Mucorinées. Suivons maintenant la germination des spores en culture cellulaire.

Semée seule en cellule dans une goutte de décoction de crottin de cheval, la spore du *Dimargaris cristalligena* se gonfle d'abord un peu, devient sphérique et mesure alors $0^{mm},006$ à $0^{mm},008$; puis elle pousse un tube grêle de $0^{mm},004$ de diamètre, et quelquefois un second tube à l'opposite du premier. Ce tube s'allonge sans se ramifier, mais en formant çà et là quelques boursouflures latérales, prend deux ou trois cloisons, puis s'arrête dans son développement quand il a acquis une vingtaine de fois le diamètre de la spore primitive. Il demeure ensuite assez longtemps dans cet état stationnaire, rempli de protoplasma inaltéré. Quand on sème plusieurs spores côte à côte, on voit souvent les tubes germinatifs s'unir ensemble par une courte branche d'anastomose.

Seul, le *Dimargaris* ne se développe donc pas, et les choses se passent exactement de la même manière si on le sème en culture cellulaire double avec un *Mortierella* quelconque ou un *Syncephalis.* Mais le résultat est bien différent si on l'associe à une Pilobolée (*Pilobolus*, *Pilaira*) ou à une Mucorée quelconque (*Phycomyces*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Chætocladium*). Tout d'abord, le tube germinatif du *Dimargaris* s'allonge beaucoup plus dans le même temps que dans la culture simple de comparaison; il est plus grêle aussi, ayant à peine 0^{mm},002 de diamètre et n'a ni cloisons, ni tendance à se ramifier latéralement. Ici encore, on constate avec la plus grande netteté que la plante hospitalière exerce une action à distance sur le parasite dès les premiers moments de son développement. Une fois qu'il a touché par son sommet le tube nourricier vers lequel il se dirige, il s'y applique, s'y renfle en boule, perce la membrane et y enfonce un petit stylet rigide, à contour noir; celui-ci se dilate dans le protoplasma nourricier en une ampoule blanche, d'où part un tube également blanc, à peine visible, mais relativement assez gros, et qui ne se prolonge pas bien loin dans le filament hospitalier, où il se divise quelquefois en deux branches. Il se fait donc un suçoir, mais assez différent de celui des *Piptocephalis.* C'est de préférence au sommet des jeunes branches latérales du mycélium mucoréen, que la fixation a lieu; ces branches cessent alors de s'accroître, se renflent et souvent se boursouflent tout autour en ramifications irrégulières. Ces boursouflures, dont l'ensemble forme une sorte de tubercule autour du point de fixation, se produisent d'ailleurs dans tous les points attaqués, quand le tube hospitalier est très-jeune et encore en voie d'accroissement au moment où la perforation a lieu; plus tard elles ne se forment plus. Les choses se passent ici absolument comme pour les *Piptocephalis.*

Ainsi fixé et nourri, le tube germinatif grossit dans toute son étendue. De la spore primitive, du tube lui-même et surtout du renflement du suçoir partent des branches rameuses cloisonnées, à cloisons munies des deux boutons caractéristiques, très-tortueuses dans leur marche et comme pelotonnées sur elles-mêmes par endroits, çà et là anastomosées entre elles. Ces branches se fixent de nouveau aux filaments nourriciers par le sommet de certains de leurs rameaux tortueux et crochus, et se développent enfin en un mycélium de plus en plus vigoureux. Sauf les cloisons perlées et la nature très-différente de son protoplasma, ce mycélium ressemble beaucoup d'aspect à celui des *Piptocephalis*, ressemblance qui résulte certainement du mode de vie commun à ces deux plantes.

Dès le troisième jour, les tubes sporifères commencent à se développer, et c'est de préférence au voisinage immédiat d'un point de fixation; ils semblent quelquefois partir du renflement même du suçoir. Mais il peut s'en former aussi assez loin de la plante nourricière, sur les branches mycéliennes qui rayonnent au bord de la goutte nutritive. Toujours une branche grêle se dilate brusquement de manière à acquérir huit à dix fois son diamètre primitif; la grosse ampoule ainsi formée s'accroît par son sommet en un tube cylindrique, qui tantôt se dresse directement dans l'air, tantôt rampe pendant quelque temps dans la goutte en décrivant une courbe spirale pour relever plus tard son sommet. Le tube est rempli d'un protoplasma blanc brillant, creusé de vacuoles de plus en plus grandes, séparées par d'épaisses lames protoplasmiques. C'est au milieu de chacune de ces lames que se forment les cloisons, d'abord lisses, plus tard munies au centre, et sur quelque face, d'une plus ou moins grosse perle brillante. Dans le protoplasma situé au-dessus et au-dessous de la cloison apparaissent plus tard les cristalloïdes de mucorine en forme de tables rhombiques, dont il a été question plus haut. Enfin, quand le tube a atteint sa longueur définitive, son sommet se renfle et développe les spores de la façon qui a été expliquée tout à l'heure. En même temps il se forme, sur la cellule basilaire du tube directement dressé, plusieurs verticilles de rameaux renflés à la base et prolongés en tubes grêles. Si le tube sporifère rampe quelque temps avant de se relever, chaque cellule de la partie plongée produit au-dessous de sa cloison supérieure un seul verticille de pareils rameaux radiciformes.

Six jours suffisent pour obtenir, en culture cellulaire double, une récolte parfaitement mûre de *Dimargaris*. Quant à la plante nourricière, souvent elle ne fructifie pas ; mais si les points d'attaque n'ont pas été trop nombreux, elle peut parfaitement développer çà et là des sporanges et mûrir ses spores.

Les cultures cellulaires simples du *Dimargaris*, ainsi que les cultures cellulaires doubles où il est associé à un *Mortierella* ou à un *Syncephalis*, ayant toujours eu le résultat négatif signalé plus haut, les cultures cellulaires doubles où il se développe en société d'une Pilobolée ou d'une Mucorée quelconque ayant toujours produit au contraire un vigoureux mycélium et des fructifications abondantes, on en conclut que le *Dimargaris cristalligena* est un parasite nécessaire, et que, comme celui des *Piptocephalis*, son parasitisme est limité aux deux premières tribus de la famille des Mucorinées. En veut-on une preuve plus décisive encore ? Huit jours après le semis, c'est-à-dire six jours au moins après que les tubes germinatifs sont arrêtés dans leur développement, que l'on introduise, dans les cultures cellulaires simples dont il a été question plus haut, une spore de *Mucor* quelconque ou de *Pilaira*. Le surlendemain, on trouve les tubes germinatifs fortement allongés et fixés par leurs sommets renflés aux tubes mycéliens de la plante nourricière. A partir de ce moment, le développement continue, et la fructification a lieu finalement comme dans les cultures originairement doubles.

Le résultat de ces cultures cellulaires doubles est particulièrement intéressant quand la plante nourricière est un *Chætocladium* et surtout le *Ch. Brefeldii*. Ce dernier est attaqué par le *Dimargaris*, et, parasite facultatif lui-même, il se trouve ainsi nourrir un parasite nécessaire. Enfin on réalise de triples cultures cellulaires en semant dans la même goutte un *Mucor*, le *Chætocla-*

dium Brefeldii et le *Dimargaris cristalligena*, et l'association ainsi formée se prête aux diverses remarques que nous avons déjà faites plus haut à propos des *Piptocephalis*.

C'est probablement parce qu'il se nourrit ainsi du protoplasma des Mucorinées, et précisément de celles de ces plantes qui produisent le plus de mucorine, que le *Dimargaris* possède la faculté de former des cristalloïdes dans les cellules de son tube sporifère.

En résumé, voilà une plante totalement étrangère par son organisation à la famille des Mucorinées, et qui cependant se comporte vis-à-vis des plantes de cette famille de la même manière que certaines Mucorinées elles-mêmes. Cette comparaison est instructive, parce qu'elle permet d'apprécier quels sont les caractères qui, indépendamment de l'organisation elle-même, sont liés à la vie parasite et déterminés par elle.

DISPIRA gen. nov.

Dispira cornuta sp. nov. (fig. 173-177).

Sur les excréments de rat, où on la rencontre en société de diverses Mucorinées, cette moisissure se présente sous forme de filaments blancs, isolés, peu nombreux, hauts à peine de 1 ou 2 millimètres, d'une délicatesse extrême, divisés au sommet en deux bras horizontaux plumeux, qui leur donnent l'aspect général d'un T.

La tige principale est formée de longues cellules superposées, dont les cloisons sont munies au centre d'un épaississement en forme de bouton plus ou moins marqué. Mieux accusé et plus constant chez le *Dimargaris* que partout ailleurs, ce caractère se retrouve donc aussi dans d'autres plantes, et nous l'avons déjà signalé notamment dans le *Kickxella*. La tige se divise au sommet en deux bras, ayant chacun une cloison à sa base, égaux entre eux et étalés presque horizontalement. Chacun de ces bras se dichotomise ensuite une première fois horizontalement, puis un certain nombre de fois encore dans des plans alternativement rectangulaires, chaque entrefourche n'ayant jamais que la longueur d'une cellule et toutes les branches s'enroulant à la fois en spirale. La première bifurcation des deux bras principaux a encore ses deux branches égales en puissance, mais à partir de la troisième ou de la quatrième dichotomie les branches sœurs se développent inégalement ; enfin, un peu plus loin l'une des branches avorte et se recourbe en corne pointue, tandis que l'autre s'incurve en sens contraire et continue à se bifurquer. Il se forme ainsi des sympodes enroulés en spirale, hérissés de cornes pointues, et dont le dernier article se termine par un renflement sphérique. Ce renflement bourgeonne sur toute sa surface et forme un grand nombre de cellules ovales serrées côte à côte, quelquefois simples et un peu étranglées vers leur milieu, le plus souvent divisées en deux par une cloison. Ces stérigmates bicellulaires portent à leur sommet un chapelet de petites spores ovales-allongées, mesurant en longueur $0^{mm},004$ à $0_{mm},005$, en largeur $0^{mm},003$ tout au plus.

C'est de cette ramification dichotome, jointe à l'enroulement spiralé des branches de divers ordres, que j'ai tiré le nom générique *Dispira;* les cornes qui hérissent les branches et qui s'entremêlent aux têtes sporifères conduisent au nom spécifique *Dispira cornuta.*

La fructification, avons-nous dit, est d'une délicatesse extrême ; elle se dessèche, se reploie sur elle-même et se rabat sous la moindre influence, de telle sorte que l'étude en est assez difficile. Aussi son développement s'opère-t-il d'une façon très-remarquable. Quand il est très-jeune, l'appareil sporifère a la forme d'une ombrelle fermée qui serait piquée dans le sol par sa poignée. Cela tient à ce que les deux premières branches de la dichotomie terminale et toutes les autres branches successives se sont développées en se rabattant le long de la tige principale. Toutes ces branches enroulées, bourrées de protoplasma et serrées les unes contre les autres, forment autour de la tige un étui plus épais en bas qu'en haut, et constituent une sorte de bourgeon terminal renversé dont l'épanouissement aura lieu de bas en haut. Les choses demeurent ainsi jusqu'après le développement des renflements terminaux et des doubles cellules sporifères qui en couvrent la surface. C'est alors seulement et pendant que les spores se forment sur ces stérigmates bicellulaires, que tout se sépare et se déploie ; les branches de divers ordres se relèvent peu à peu, et l'ensemble qu'elles constituent forme deux bras horizontaux dilatés en plumet. A ce moment les spores sont mûres et se disséminent, après quoi la plante peut se rabattre impunément.

Grâce au développement gemmaire de toutes ses parties et à leur épanouissement consécutif de bas en haut, la fructification peut donc ne demeurer étalée que fort peu d'instants. Dans son plein épanouissement, il peut arriver qu'on la confonde de loin avec le *Coemansia reversa*, dont certains échantillons sont formés aussi d'une tige principale divisée au sommet en deux bras horizontaux pennés, et demeurent longtemps du blanc le plus pur (1).

J'ai cultivé le *Dispira cornuta* en cellule : 1° seul ; 2° en société de divers *Mucor*. Dans le premier cas, les spores germent en devenant sphériques, et poussant ensuite un tube germinatif ; mais ce tube est bientôt arrêté dans son développement. Dans le second cas, les tubes germinatifs se fixent par leurs sommets renflés sur les filaments mycéliens du *Mucor*, comme ceux du *Dimargaris*. Un mycélium à tubes grêles, rameux, cloisonnés, tortueux et comme pelotonnés sur eux-mêmes en procède, sur lequel, principalement au voisinage des points de fixation, prennent naissance les tubes fructifères dressés. Ceux-ci acquièrent bientôt la forme décrite plus haut et mûrissent leurs spores. Dans ces cultures cellulaires, le nombre des renflements sporifères est faible dans chaque fructification ; les cornes stériles sont au contraire très-nombreuses et certaines d'entre elles se prolongent même dans l'air humide de la cellule en longs filaments grêles, enroulés en tire-bouchon.

Du résultat constant de ces cultures comparatives, il résulte donc que le *Dispira* est parasite sur les Mucorées et que son parasitisme est nécessaire.

---

(1) La plupart des échantillons de *Coemansia* ont au contraire trois, quatre ou cinq bras qui rayonnent en forme d'étoile au sommet de la tige principale, et qui portent latéralement en deux rangées alternes un grand nombre de rameaux sporifères. Tout d'abord blancs, ils jaunissent plus tard, mais cette coloration paraît assez inégale et inconstante.

En résumé, s'il est vrai que la famille des Mucorinées renferme non-seulement des parasites sur Mucorinées, les uns facultativement (*Chætocladium*, *Syncephalis*, *Mortierella*), les autres nécessairement (*Piptocephalis*), mais encore des parasites nécessaires sur des Champignons d'ordre différent (*Spinellus*, *Sporodinia*), on voit aussi, par les exemples que nous venons de citer, qu'il existe, en dehors de cette famille, des Champignons qui dépendent d'elle pour leur nutrition et qui vivent en parasites nécessaires sur les diverses plantes des deux premières tribus que nous y avons distinguées. Dans l'état actuel de nos connaissances, ces derniers forment quatre et probablement cinq types distincts (*Kickxella*, *Coemansia*, *Martensella* (?), *Dimargaris*, *Dispira*), dont la vraie place dans le système naturel des Champignons est encore à déterminer, mais qui, suivant toute vraisemblance, appartiennent à l'ordre des Ascomycètes.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHE 1.

A. *Cristalloïdes de mucorine.*

Fig. 1. Cristalloïdes octaédriques de mucorine dans le tube sporangifère du *Pilobolus roridus*. — *p*, protoplasma pariétal. Les cristalloïdes nagent la plupart dans le suc cellulaire où ils sont vus dans diverses positions; certains ont les faces concaves; d'autres sont évidés au centre.

Fig. 2. Cristalloïdes en tables triangulaires tronquées dans le tube sporangifère du *Mucor plasmaticus*. — *p*, protoplasma pariétal. La plupart des cristaux nagent dans le suc cellulaire et sont vus les uns à plat, les autres sur la tranche. Au centre ils sont plus ternes *a*, et quelquefois évidés *b*.

Fig. 3. Un de ces cristalloïdes tabulaires de *Mucor*, grossi davantage pour montrer sa forme géométrique.

Fig. 4. Comment le cristalloïde en table triangulaire tronquée dérive de l'octaèdre régulier.

Fig. 5. Cristalloïdes des deux formes dans le tube sporangifère du *Pilaira Cesatii*. — *p*, protoplasma pariétal; *a*, cristalloïdes en tables triangulaires tronquées comme chez les *Mucor*; *b*, cristalloïdes en octaèdres réguliers comme chez les *Pilobolus*; *c*, corps blancs de nature inconnue.

Fig. 6. Cristalloïdes en tables rhombiques dans la région supérieure d'une des cellules constitutives du tube sporifère du *Dimargaris cristalligena*. — *p*, protoplasma brillant où sont nichés les cristalloïdes; *c*, cloison supérieure de la cellule munie de deux boutons brillants.

B. *Pilobolus roridus.*

Fig. 7. Aspect de la plante, grand. nat.

Fig. 8. Filament sporangifère raccourci. — *a*, tube mycélien renflé, au sommet duquel est inséré le renflement inférieur *b* du filament sporangifère; *p*, traces de protoplasma jaune (25).

Fig. 9. Région supérieure du filament sporangifère après que le sporange s'est ouvert sous l'eau. La calotte noire, avec les spores qu'elle ne cache plus complétement, a été soulevée par le gonflement de la zone annulaire inférieure, devenue mucilagineuse *m*; elle laisse apercevoir la columelle noirâtre (65).

Fig. 10. Spores (380).

Fig. 11. Une spore germante (380).

Fig. 12. Deux filaments sporangifères *a* et *b* insérés à la suite l'un de l'autre au sommet d'un même tube mycélien renflé *c* (50).

Fig. 13. Un filament sporangifère *a* intercalé par son renflement basilaire entre deux tubes mycéliens renflés *c* et *c'* (50).

C. *Pilaira Cesatii.*

Fig. 14. Aspect de la plante, grand. nat.

Fig. 15. Sporange en coupe longitudinale optique (90).

Fig. 16-17. Filament sporangifère après la déhiscence du sporange. — *c*, tube mycélien se redressant simplement pour former la région inférieure *b* du filament sporangifère; *a*, région supérieure du filament; *m*, mucilage provenant du gonflement de la zone inférieure de la membrane du sporange sous l'influence de l'eau. La calotte supérieure se trouve alors soulevée avec les spores qu'elle renferme et écartée de la columelle (90).

Fig. 18. Sporange vu dans l'air sec avant sa déhiscence (90).

Fig. 19. Columelle inclinée verticalement sur le filament qui la porte, après la chute du sporange, vue par sa face inférieure (90).

Fig. 20. Sommet du filament plissé, réfléchi vers le bas après la chute du sporange; le tube, y compris la columelle, renferme des cristalloïdes des deux formes (90).

Fig. 21. Spores (380).

Fig. 22. Début de la conjugaison. Les deux rameaux renflés s'arquent l'un vers l'autre et se touchent au sommet (200).

Fig. 23. Les deux cellules sexuées qui s'en séparent par cloisonnement sont très-inégales (200).

Fig. 24. La zygospore est formée, mais peut-être encore incomplétement mûre (200).

Pilaira nigrescens.

Fig. 25. Aspect de la plante, grand. nat.

Fig. 26. Région supérieure du filament sporangifère après que le sporange s'est ouver sous l'influence de l'eau. La calotte et les spores se trouvent écartées, par le mucilage *m*, de la columelle noirâtre et relevée en cône au milieu (90).

Fig. 27. Après la chute du sporange, le sommet du filament plissé est réfléchi vers le bas (90).

Fig. 28. Spores (380).

D. *Spinellus fusiger.*

Fig. 29. Sporange en coupe longitudinale optique, montrant le mode d'insertion de la columelle (40).

Fig. 30. Région supérieure du tube sporangifère après la dissémination des spores; elle est munie de cloisons et renferme des cristalloïdes octaédriques (40).

Fig. 31. Région basilaire du même tube montrant son insertion au sommet d'un tube mycélien *m* garni de rameaux spiniformes; sa base renflée, où l'on voit des cristalloïdes, produit quelquefois des rameaux, eux-mêmes munis d'épines *n* (40).

Fig. 32. Spores (200).

Fig. 33. Spore germante (200).

Fig. 34. Début de la conjugaison. Les deux rameaux renflés, d'abord rapprochés *a*, divergent *b*, puis s'incurvent l'un vers l'autre en mors de pince *c* (40).

Fig. 35. Zygospore mûre. Les deux renflements bruns présentent des places claires, allongées et sinueuses (40).

Fig. 36-37. Deux azygospores formées en regard l'une de l'autre (40).

Spinellus sphærosporus.

Fig. 38. Sporange en coupe longitudinale optique (40).

Fig. 39. Spores (200).

E. *Sporodinia grandis.*

Fig. 40. Dernière dichotomie dont les branches renflées en fuseaux se terminent par les sporanges; ceux-ci sont vus en coupe longitudinale optique pour montrer le mode d'insertion et la forme mamelonnée de la columelle. Les cristalloïdes sont en général octaédriques; çà et là on en voit un tabulaire *t* (150).

Fig. 41. Spores (225).

Fig. 42. Spore germante (225).

Fig. 43. Début de la conjugaison. Les deux branches transformées de deux dichotomies différentes s'incurvent l'une vers l'autre (40).

Fig. 44. Zygospore mûre. Dans les deux renflements brunâtres qui la portent on voit des cristalloïdes octaédriques (40).

Fig. 45. Deux azygospores formées en regard l'une de l'autre, et appartenant en définitive au même filament fructifère *f* (40).

PLANCHE 2.

A. *Rhizopus microsporus.*

Fig. 46. Aspect de la plante; mode de végétation en zigzag (1 1/2.)

Fig. 47. Faisceau de deux tubes sporangifères, avec le stolon *s* dont ils émanent et le stolon nouveau *s'* qui continue la végétation; *c*, crampons. Les sporanges sont mûrs et les spores presque entièrement tombées laissent voir la columelle globuleuse et son mode d'insertion (50).

Fig. 48. Spores noirâtres avec leurs crêtes cuticularisées (400).

B. *Rhizopus minimus.*

Fig. 49. Aspect et mode de végétation de la plante (2 1/2).

Fig. 50. Filament sporangifère, toujours solitaire, avec ses crampons *c*, le stolon dont il provient *s* et le nouveau stolon *s'* qu'il produit (50).

Fig. 51. Spores (400).

C. *Circinella simplex.*

Fig. 52. Port de la plante (2).

Fig. 53. Sommet d'une crosse *a*, montrant le sporange en coupe longitudinale optique; *b*, branche qui continue la végétation et se recourbe en crosse un peu plus haut (120).

Fig. 54. Spores (400).

D. *Mortierella tuberosa.*

Fig. 55. Aspect des tubes sporangifères, grand. nat.

Fig. 56. Sporange vu en coupe longitudinale optique; il est séparé du tube dilaté par une cloison légèrement convexe et surmontée d'un bouton brillant. Les spores sont nichées dans une matière gélatineuse (90).

Fig. 57. Portion supérieure du tube sporangifère après la dissémination des spores; la région inférieure de la membrane du sporange persiste et forme une large collerette rabattue *c*. Le tube a pris quelques cloisons (90).

Fig. 58. Même partie; la collerette *c* est beaucoup plus petite (90).

Fig. 59. Base renflée du filament sporangifère renfermant quelques cristalloïdes octaédriques. Elle s'échappe d'entre un amas de grosses sphères produites par le renflement des rameaux mycéliens et pouvant atteindre jusqu'à $0^{mm},2$. D'abord pleines d'un protoplasma sombre, ces sphères se vident complétement au fur et à mesure que le filament se développe (90).

Fig. 60. Spores (330).

Fig. 61. Stylospores hérissées de fines pointes (330).

Fig. 62. Chlamydospores produites en culture cellulaire sur le trajet des filaments mycéliens (330).

E. *Mortierella pilulifera.*

Fig. 63. Aspect des filaments sporangifères, grand. nat.

Fig. 64. Sporange vu en coupe longitudinale optique; le tube se dilate sous le sporange et la cloison a la même forme que dans l'espèce précédente (90).

Fig. 65. Portion supérieure du tube sporangifère après la dissémination des spores. La région inférieure de la membrane du sporange persiste et se rabat en une petite collerette *c*. Quelques cloisons (90).

Fig. 66. Base renflée du tube sporangifère. Les grosses sphères produites par le renflement des divers rameaux du tube mycélien *m* donnent naissance à deux tubes sporangifères *a* et *b* et se vident en les développant (90).

Fig. 67. Spores (330).

Fig. 68. Germination dichotome des spores (330).

Fig. 69. Stylospore à membrane hérissée de pointes (330).

F. *Mortierella strangulata.*

Fig. 70. Aspect des tubes sporangifères, grand. nat.

Fig. 71. Jeune sommet conique du filament portant sur sa pointe le globule sphérique qui va devenir le sporange (90).

Fig. 72. Filament sporangifère complet, mais beaucoup raccourci, inséré sur le tube mycélien *m* provenant d'une dichotomie en diapason *a*; *b*, réservoir nutritif formé par un amas compliqué de gros tubes rameux que l'on a dû simplifier dans la figure. C'est un de ces tubes, brusquement et énormément renflé, qui se dresse pour former le filament sporangifère. Toujours dépourvu de cloisons, celui-ci s'étrangle brusquement en *e*, sous le sporange. La membrane du tube et celle du sporange s'épaississent davantage au voisinage de cet étranglement (90).

Fig. 73. Sommet du tube sporangifère vu dans l'eau après la dissémination des spores. La membrane épaissie de la région inférieure du sporange persiste et se rabat le long du filament en une manchette plissée *m* (90).

Fig. 74. D'autres fois elle demeure concave et forme une cupule qui conserve quelques spores (90).

Fig. 75. Spores, en général de forme triangulaire (330).

Fig, 76. Stylospores sur les filaments mycéliens bifurqués en diapason (330).

G. *Mortierella biramosa.*

Fig. 77. Aspect des filaments sporangifères (2).

Fig. 78. Filament sporangifère jeune inséré sur le tube mycélien *m*; sa base renflée est munie de quelques gros tubes courts qui constituent d'abord un réservoir nutritif et plus tard des crampons *b*. Au-dessous du sporange terminal, il porte trois verticilles de sporanges d'autant plus jeunes et plus petits qu'il sont insérés plus bas; chaque verticille contient cinq sporanges et ils alternent régulièrement. Dans la région inférieure renflée, il se forme une branche principale *c*, qui va se comporter comme la tige elle-même (90).

Fig. 79. Filament sporangifère complétement développé. — La tige principale *a*, munie de gros crampons à sa base renflée, porte une branche principale *b*; celle-ci une branche principale *c*; celle-ci à son tour une branche principale *d*. Ces branches,

renflées à la base, effilées au sommet, sont redressées comme dans le *M. candelabrum* et forment une cyme unipare hélicoïde. Dans sa région effilée la tige principale porte trois verticilles de rameaux sporangifères, ici totalement dépouillés. La branche *b* ne porte que deux verticilles de rameaux; le sporange terminal et ceux du verticille supérieur ont perdu leur membrane, mais les spores sont demeurées en place réunies par la matière interstitielle; les sporanges du verticille inférieur, plus jeunes, ont encore leur membrane. La branche *c* ne porte qu'un verticille de rameaux sporangifères. Il en est de même de la branche *d* dont les sporanges n'ont pas encore formé leurs spores. L'appareil sporangifère tout entier est inséré sur un filament mycélien *m* provenant avec la branche sœur *n* de la dichotomie en diapason du filament *p* (90).

Fig. 80. Spores (330).

Fig. 81. Stylospores échinées, isolées ou réunies en ombelle sur le même filament mycélien *p*, qui plus loin se dichotomise et porte un appareil sporangifère (420).

Fig. 82. Mode de fixation du *Mortierella polycephala* sur les tubes sporangifères du *Pilobolus crystallinus*. Une branche *r*, issue de la dichotomie du tube mycélien *m*, se renfle en massue et s'applique sur le filament de *Pilobolus;* elle perce la membrane et se renfle à l'intérieur en une ampoule d'où partent en tous sens des tubes rameux qui remplissent toute la cavité (330).

PLANCHE 3.

A. *Syncephalis cornu.*

Fig. 83. Tube sporangifère mûr, avec ses sporanges et ses spores. — *m*, filaments mycéliens anastomosés qui produisent les fructifications ; *c*, crampons basilaires qui les fixent (150).

Fig. 84. Tube sporangifère dont la tête est presque totalement dénudée; les séries de spores s'attachent indépendamment sur la tête générale (150).

Fig. 85. Sporanges après la formation des spores, mais avant la résorption de la membrane (200).

Fig. 86. Sporanges après la résorption de la membrane; les spores sont reliées en chapelet par la matière interstitielle (200). En outre, tous les chapelets demeurent quelque temps accolés ensemble latéralement en une masse compacte et presque cylindrique, comme on le voit fig. 83.

Fig. 87. Spores isolées sous l'influence de l'eau (300).

Fig. 88-93. Formation des zygospores. — 88. Les deux rameaux renflés sont parallèles et à peine arqués. — 89. Ils se sont cloisonnés et soudés au sommet; les deux longues cellules sont fort inégales. — 90. Les deux corps protoplasmiques viennent se mêler et s'accumuler au sommet en une protubérance globuleuse en voie de développement; plus tard, le corps protoplasmique ainsi formé et nourri s'enveloppe d'une membrane propre qui le sépare des deux cylindres et constitue la zygospore. — 91, 92, 93. Zygospores mûres; les tubercules coniques sont moins nombreux, moins serrés et plus longs que sur la figure. Autour de la zygospore, la membrane primitive s'est colorée en jaune brunâtre; le long des deux cylindres inégaux qui la tent, elle est incolore, mais cuticularisée et un peu épaissie (300).

Fig. 94. Germination de la zygospore. Elle produit directement un filament sporangifère (200).

Fig. 95. Germination d'une spore provenant de ce filament; elle reproduit le mycélium (250).

B. *Syncephalis reflexa.*

Fig. 96. Filament sporangifère mûr; les séries de spores sont agglutinées latéralement en une masse cylindroïde (150).

Fig. 97. Filament sporangifère presque totalement dépouillé de ses spores; celles qui restent attachées à la tête montrent que les séries sont simples et indépendamment insérées (150). Le développement des spores dans le sporange et la résorption de la membrane ont lieu comme dans le *S. cornu* (fig. 85 et 86).

Fig. 98. Spores détachées (330).

Fig. 99. Stylospores en grappe sur un tube mycélien un peu renflé (400).

Fig. 100. Grappe plus âgée et égrénée; les stylospores granuleuses et mucronées sont détachées en *a*, et les pédicelles demeurent adhérents en *b* à l'axe maintenant cloisonné (400).

Fig. 101. Stylospores germantes; elles reproduisent le mycélium (400).

C. *Syncephalis tetrathela.*

Fig. 102. Tube sporangifère mûr avec ses quatre sporanges bifurqués, contenant dans chaque branche une série de spores sphériques (250).

Fig. 103. Ce tube, après la résorption de la membrane des sporanges; les spores demeurent reliées en chapelet par la matière interstitielle (250).

Fig. 104. Spores détachées (330).

D. *Syncephalis sphærica.*

Fig. 105. Tube sporangifère mûr inséré sur le filament mycélien anastomosé *m* et soutenu par les crampons radicaux cloisonnés *c*. La tête sphérique est vue en coupe longitudinale optique; les spores sont disposées à la fois en couches concentriques et en séries rayonnantes. Chaque série est simple et attachée indépendamment des voisines; la membrane sporangiale qui l'enveloppait a disparu (120).

Fig. 106. Sporanges ayant formé leurs spores et ayant encore leur membrane (440).

Fig. 107. Sporanges après la résorption de la membrane; les spores en bâtonnets demeurent reliées en chapelet par la matière interstitielle qui, sous l'influence de l'eau, se gonfle et les dissémine (440).

Fig. 108. Tube sporangifère dont la tête est presque totalement dépouillée. Les tubercules d'insertion des sporanges sont très-petits et souvent invisibles. Les quelques spores encore attachées montrent, comme les deux figures précédentes, l'indépendance d'insertion des séries. Les spores ont assez souvent à chaque pôle un granule brillant (120).

Fig. 109. Spore germante (440).

E. *Syncephalis intermedia.*

Fig. 110. Tube sporangifère mûr produit à l'extrémité du filament mycélien *m*, sur le système de crampons *c*; la membrane du sporange a disparu autour des nombreuses séries de spores (100).

Fig. 111. Tête sporangifère en partie dépouillée; les séries de spores qui restent et autour desquelles la membrane sporangiale a disparu sont les unes simples, les autres dichotomes à la base, avec spore inférieure en cœur et quelquefois dissymétrique (100).

Fig. 112. Développement des spores. — *a*, le protoplasma du sporange est encore indivis; *b*, la division commence de dehors en dedans, et en même temps l'espace compris entre la masse étranglée et la membrane du sporange est occupé par une matière hyaline gélatineuse qui détermine à chaque étranglement une saillie annulaire dans la membrane; *c*, la division est achevée et les spores sont distinctes et complétement séparées par des disques de matière hyaline; la membrane et les bourrelets annulaires qu'elle présente entre les spores existent encore; *d*, la membrane du sporange a disparu, et les spores demeurent reliées en chapelet par la matière interstitielle gélatineuse (330).

Fig. 113. Sporanges mûrs détachés de la tête et qui ont conservé leur membrane; il est très-fréquent d'en rencontrer dans cette espèce. — *a*, sporange bifurqué symétriquement; *b*, sporange simple; *c*, sporange bifurqué, mais dissymétriquement; *d*, sporange bifurqué brisé par compression en plusieurs fragments, d'où les spores se sont en partie échappées, laissant vides des fragments de la membrane du sporange (200).

Fig. 114. Spores détachées. — *a*, spores nues mises en liberté par dissociation des chapelets *d*, fig. 112, après la résorption de la membrane du sporange; *b*, protoplasma tout entier d'un sporange incomplétement divisé en spores, arrêté en l'état *b*, fig. 112, mais dont la membrane ne s'en est pas moins résorbée à la maturité. Les corps de ce genre germent en filaments par leurs deux bouts, comme une spore ordinaire. — *c*, spores revêtues chacune d'une gaîne ridée, jaune, qui les fait paraître denticulées sur leurs bords, telles qu'elles proviennent de la fracture des sporanges représentés fig. 113, sporanges dont la membrane durcit et persiste. La gaîne ridée est la portion de membrane sporangiale appliquée directement sur chaque spore (300).

Fig. 115. Spore germante (400).

F. *Syncephalis ramosa.*

Fig. 116. Tube sporangifère mûr couronné par ses sporanges, dont la membrane a persisté dans cet exemplaire, comme elle fait très-souvent dans cette espèce (120).

Fig. 117. Tête presque totalement dépouillée; les séries de spores qui restent attachées et qui ont ici perdu leur membrane à la maturité, montrent qu'il y a des sporanges simples et d'autres bifurqués ou trifurqués à la base (120).

Fig. 118 et 119. Sporanges mûrs détachés spontanément de la tête et ayant conservé leur membrane; ils se renflent tous progressivement de la base au sommet. —

a, sporange simple à spore inférieure cylindroconique; *b*, sporange bifurqué à la base, à spore inférieure cordiforme; *c*, sporange bifurqué à la base et encore ramifié à diverses hauteurs; chaque fois, la spore qui occupe le point d'insertion d'un rameau a une forme différente des autres; *d*, sporange trifurqué à la base; *e*, sporange simple à la base et ramifié tout le long à diverses hauteurs (210).

G. *Syncephalis fasciculata.*

Fig. 120. Faisceau de tubes sporangifères produits au sommet d'un filament mycélien *m*, en même temps que des crampons *c*. — *a*, tube principal directement inséré au centre de la rosette radicale et portant ses sporanges; *b*, *c*, *d*, tubes produits au sommet de certains rameaux de la rosette radicale; ils sont presque totalement dépouillés de leurs spores et montrent la forme sphérique surbaissée de la tête et les tubercules d'attache des sporanges. Les séries de spores restées adhérentes et qui ne renferment chacune que 4 ou 3 spores, montrent que les sporanges sont tantôt simples, tantôt bifurqués à la base, symétriquement ou non; *e*, ampoule sphérique terminant un des rameaux radicellaires et qui est un tube fructifère avorté (120).

Fig. 121. Développement des spores. — *a*, sporange simple ayant déjà formé 3 spores en bâtonnets, mais possédant encore sa membrane; *b*, le même, après la résorption de la membrane; les spores sont maintenues en chapelet par la matière interstitielle gélatineuse; *c*, sporange bifurqué dissymétriquement à la base, ayant encore sa membrane; *d*, le même après résorption de sa membrane à la maturité (330).

Fig. 122. Spores. — *a*, spores isolées après la dissociation des chapelets; *b*, spore germante (250).

H. *Syncephalis nodosa.*

Fig. 123. Tube sporangifère à trois nœuds, et muni de ses sporanges serrés côte à côte en une masse en forme de tronc de cône (200).

Fig. 124. Tube sporangifère presque entièrement dépouillé de ses sporanges. On voit que les tubercules d'attache sont disposés au nombre de 10 à 12 en une simple couronne. Le sporange demeuré en place est trifurqué à la base, et a conservé sa membrane, comme cela a lieu le plus souvent dans cette espèce (200).

Fig. 125. Sommet de la tête sporangifère, en projection horizontale, montrant le cercle de mamelons d'attache (300).

Fig. 126. Tube sporangifère âgé, entièrement dépourvu de ses spores et dont la membrane s'est plissée sur elle-même, excepté dans la voûte supérieure et à l'endroit des nœuds; là elle est cuticularisée et conserve sa rigidité; chaque nœud présente des cannelures longitudinales (350).

Fig. 127. Sporange ramifié à la base en quatre branches; les spores y sont développées et la spore inférieure a une forme spéciale; mais la membrane continue de revêtir l'ensemble (300).

Fig. 128. Un autre sporange trifurqué à la base et plus âgé. La membrane persiste autour des spores, mais en outre elle s'est durcie et ratatinée de façon à y adhérer fortement. L'ensemble a alors un aspect rugueux caractéristique (300).

Fig. 129. Spores, enveloppées chacune d'une gaîne durcie et ridée, telles qu'elles proviennent du fractionnement du sporange; la spore inférieure *a* présente une forme toute particulière (400).

Fig. 130. Grappe de stylospores granuleuses (330).

Fig. 131. Une pareille grappe plus âgée et égrenée; les stylospores mucronées sont détachées et gisent tout autour, tandis que leurs pédicelles hérissent l'axe principal (330).

K. *Syncephalis ventricosa.*

Fig. 132. Tube sporangifère couronné de sporanges jeunes n'ayant pas encore développé leurs spores (250).

Fig. 133. Tube sporangifère presque entièrement dépouillé de ses spores; on voit la forme sphéroconique de la tête et l'attache indépendante des sporanges simples. Chaque sporange a formé une série de spores sphériques, après quoi sa membrane s'est résorbée, laissant les spores unies en chapelet par la matière interstitielle (250).

Fig. 134. Développement des spores. — *a*, sporange ayant déjà formé ses spores, mais possédant encore sa membrane; *b*, le même, après la résorption de la membrane (330).

Fig. 135. Spores. — *a*, spores isolées après dissociation des chapelets *b*, fig. 134; *b*, une spore germante (400).

Fig. 136. Mode de fixation des *Syncephalis* sur les tubes de Mucorinées. Le filament mycélien *b*, anastomosé en *a* avec d'autres, renfle en massue son extrémité *c* et s'applique solidement sur le tube de *Mucor m*. Il le perce ensuite et s'y ramifie en nombreux tubes qui finissent par le remplir (250).

PLANCHE 4.

A. *Piptocephalis fusispora.*

Fig. 137. Port de la fructification montrant la reptation de la partie inférieure du système dichotome, les crampons radicaux des branches dressées, et la disposition par quatre des rameaux du premier et du second ordre (5).

Fig. 138. Une partie de l'appareil sporangifère après la chute des têtes renflées qui terminent les dernières branches (150).

Fig. 139. Base de la tige dressée avec ses crampons dichotomes (150).

Fig. 140. Dernière dichotomie dont chaque sommet renflé porte un assez grand nombre de sporanges en baguette n'ayant pas encore formé leurs spores (450).

Fig. 141. Dernière dichotomie après la formation des spores, la résorption de la membrane du sporange et la chute de la plupart des chapelets de spores, mais avant la chute des têtes. Les spores qui restent attachées aux têtes sphériques montrent que chaque série s'insère indépendamment des voisines; en d'autres termes, que chaque sporange est simple (500).

Fig. 142. Développement des spores. — *a*, le protoplasma du sporange n'est pas encore divisé; *b*, les spores sont formées, mais la membrane du sporange existe encore et enveloppe outre les spores la matière interstitielle qui les sépare; *c*, la

membrane du sporange a disparu et les spores demeurent unies en chapelet par la matière interstitielle (500).

Fig. 143. Spores. — *a*, spores provenant de la dissociation des chapelets. — *b*, spore germante; elle se renfle en sphère dont les pôles demeurent marqués par les pointes du fuseau, puis émet des tubes transversaux sur son équateur (900).

Fig. 144. Têtes sphériques tombées en même temps que les spores (700).

Fig. 145. Cloisons tubuleuses perforées des tubes fructifères rampants (150).

B. *Piptocephalis microcephala.*

Fig. 146. Port de la fructification dichotome, rampante dans sa région inférieure et munie de crampons au pied (8).

Fig. 147. Portion de l'appareil sporangifère après la chute des spores et des petits renflements qui les portent (250).

Fig. 148. Base de la tige principale avec ses crampons dichotomes (300).

Fig. 149. Dernière dichotomie dont chaque sommet renflé porte quelques sporanges où les spores naissent deux par deux (300).

Fig. 150. Tète terminale bombée avec le groupe de spores qu'elle a produit. — *a*, chaque sporange a produit deux spores; *b*, chaque sporange n'a fourni qu'une seule spore (250).

Fig. 151. Groupe de spores *a* isolé de la petite tête conique *b* qui les portait et qui s'est détachée avec elles (250).

Fig. 152. Spores *a* et têtes coniques *b*, *b'*, plus fortement grossies (500).

Fig. 153. Cloisons tubuleuses perforées de la tige principale (350).

C. *Piptocephalis cruciata.*

Fig. 154. Port de la fructification (6).

Fig. 155. Les deux dernières dichotomies. A gauche, on voit les sporanges jeunes insérés en deux faisceaux sur le renflement terminal dichotome. A droite, la plupart des sporanges sont enlevés pour montrer chez ceux qui restent adhérents l'insertion deux par deux sur les derniers mamelons de la tête dichotome (150).

Fig. 156. Les deux dernières dichotomies, après que leurs branches ont perdu à la fois leurs têtes dichotomes et les spores que ces têtes ont produites (150).

Fig. 157. Têtes sporangifères tombées; elles sont en forme de croix. — *a*, vue par-dessus; *b*, vue par-dessous (380); *c*, vue par-dessous et grossie davantage pour montrer la succession des dichotomies, qui s'opèrent alternativement dans les trois directions perpendiculaires, la branche inférieure de la bifurcation verticale demeurant chaque fois indivise, tandis que la branche supérieure seule continue à se bifurquer (800); *d*, tête en forme d'étoile à cinq branches (380).

Fig. 158. Développement des spores. — *a*, le protoplasma du sporange n'est pas encore divisé; *b*, les spores sont formées, mais encore revêtues par la membrane du sporange; la membrane du sporange a disparu, laissant les spores reliées en chapelet par la matière interstitielle (400).

Fig. 159. *a*, spores; *b*, spores basilaires de deux sporanges voisins, soudées ensemble dans leur moitié inférieure; en d'autres termes, spore basilaire cordiforme d'un sporange bifurqué (330).

D. *Piptocephalis sphærospora.*

Fig. 160. Port de la fructification (12).

Fig. 161. Dernière dichotomie, dont chaque sommet renflé porte un faisceau conique de sporanges jeunes n'ayant pas encore formé leurs spores (250).

Fig. 162. Développement des spores. — *a*, le sporange inséré sur une tête sphérique n'a pas encore divisé son protoplasma; *b*, les spores sont formées, mais encore enveloppées, ainsi que la matière interstitielle qui les sépare, par la membrane du sporange; *c*, la membrane du sporange s'est résorbée, laissant les spores sphériques réunies en chapelet par la matière interstitielle; *d*, enfin les spores s'isolent et se détachent en même temps que tombe la tête sphérique qui les portait (330).

Fig. 163. *a*, spores détachées; *b*, têtes sporangifères tombées (400).

Fig. 164. Spore germante *s* ayant fixé le sommet renflé *a* de son tube germinatif *m*, sur un tube mycélien de *Chætocladium Brefeldii c*. Du renflement *a* part un stylet qui perce la membrane du tube et qui se ramifie en un pinceau de rameaux divergents. Après quoi, le renflement *a* produit un tube mycélien *n* qui, à son tour, se fixe de nouveau au filament nourricier par ses rameaux latéraux *b* (250).

E. *Dimargaris cristalligena.*

Fig. 165. Port de la fructification (2).

Fig. 166. Sommet du filament sporifère; les cellules renferment des cristalloïdes rhombiques dans le protoplasma qui en occupe la région supérieure et inférieure. Les cloisons portent chacune deux boutons brillants; *r*, rameau terminé par une tête sporifère (200).

Fig. 167. Base du filament sporifère plongée dans le substratum, et filaments mycéliens qui la portent suivis jusqu'aux points où ils se fixent sur le tube mycélien de *Mucor m*. — *a*, base du filament munie de rameaux radiciformes; *b*, tube mycélien dont ce filament n'est que l'extrémité renflée et redressée; *c*, branche mycélienne dont le tube précédent est un rameau; par d'autres rameaux cette branche se fixe en *p* et p' sur le tube mucoréen *m* (200).

Fig. 168. Diverses formes affectées par les cloisons du tube sporifère *a*, *b*, *c*, *d* (250).

Fig. 169. Extrémité renflée du tube sporifère, presque totalement dépouillée pour montrer l'insertion verticillée des chaînettes de spores sur les stérigmates tricellulaires. Les cloisons qui séparent chaque stérigmate du renflement ont, comme toutes les cloisons de la plante, un bouton central sur chaque face (250).

Fig. 170. Renflement terminal après la chute des spores et des deux cellules supérieures des stérigmates tricellulaires; les cellules inférieures des stérigmates demeurent seules adhérentes et finissent à leur tour par se détacher (200).

Fig. 171. Spores détachées (400).

Fig. 172. Spores germantes *s* ayant fixé le sommet renflé *p* de leurs tubes germinatifs *a* sur un tube mucoréen *m*, et ayant formé autant de suçoirs. Du renflement *p* de chaque suçoir part ensuite un tube mycélien cloisonné *d* (400).

F. *Dispira cornuta.*

Fig. 173. Port de la fructification. — *a*, en voie de développement; *b*, épanouie (2).

Fig. 174. Appareil sporifère dichotome, à branches enroulées en spirale, portant à la fois des cornes pointues et des renflements sporifères. A l'intérieur du substratum, sa base se prolonge en un filament mycélien grêle *m*, fixé par certains rameaux *n* à un tube mycélien de *Mucor a*. Les suçoirs *p* ont la même structure que dans le *Dimargaris* (120).

Fig. 175. Renflement sphérique qui termine les dernières branches fertiles des diverses dichotomies; il est en partie dépouillé pour montrer le mode d'insertion des chaînettes de spores sur les stérigmates bicellulaires (250).

Fig. 176. Spores (400).

Fig. 177. Spores germantes fixant le sommet *p* de leurs tubes germinatifs *a* sur un filament mucoréen *b*; des tubes germinatifs partent ensuite les branches mycéliennes *m* (400).

ÉTUDE

SUR

LA FORMATION DE LA GOMME

DANS LES ARBRES FRUITIERS

Par M. Ed. PRILLIEUX.

Les gommes ont été longtemps considérées sans contestation comme un produit de sécrétion formé à l'intérieur des plantes par certaines cellules, et déposé dans des réservoirs spéciaux. Mais quand Kützing (1) eut reconnu que la gomme adragante n'est pas une substance amorphe et homogène, comme on le croyait, mais qu'elle présente une organisation, qu'elle est formée de cellules à parois très-épaisses, à l'intérieur desquelles on voit des grains de fécule, il fallut bien modifier l'opinion commune, au moins en ce qui touche la gomme adragante. L'idée bizarre émise par Kützing, qui, pour expliquer l'organisation qu'il avait découverte dans la gomme adragante, l'avait considérée comme due à un Champignon développé à l'intérieur des tiges d'Astragale, fut promptement abandonnée. Unger (2) déjà admit que cette gomme est formée par les couches secondaires des cellules des rayons médullaires, et il rapprocha cette production de celle du mucilage qui couvre les graines de Coing et de Lin.

M. Cramer (3), dans un mémoire sur le mucilage des plantes, indique en passant la gomme du Cerisier et la gomme adragante comme des produits de sécrétion, tandis qu'il regarde le mucilage des graines de Coing, de Lin, et de diverses autres plantes, celui du Salep et de beaucoup de racines, et celui des Cactées, comme dus à des épaississements des parois de cellules. Cette opinion, touchant la gomme du Cerisier et la gomme adragante, n'est du reste que simplement énoncée, et n'est point discutée ni appuyée sur aucune preuve.

---

(1) Kützing, *Grundzüge d. phil. Bot.*, 203, 204.

(2) Unger, *Anat. und Physiol. d. Pflanzen*, p. 119, 1855.

(3) Cramer, *Ueber das Vorkommen und Entstehung einiger Pflanzenschleime*, in *Pflanzenphysiologische Untersuchungen*, v. Carl Nägeli und Cramer, 3 Heft, v. Cramer, 1855, p. 8.

Depuis la publication de l'excellent mémoire de H. de Mohl (1), qui étudia en détail la formation de la gomme adragante, personne n'a émis de doute sur l'origine de cette substance, et n'a contesté qu'elle soit due à l'altération des cellules de la moelle et des rayons médullaires de certains Astragales, dont les parois se transforment en gomme.

A partir de cette publication fondamentale, d'assez nombreux travaux ont eu pour objet l'étude de la production de la gomme dans les végétaux de nos pays, aussi bien chez ceux où cette matière est un produit normal de la plante saine, que dans les arbres fruitiers, où la production de la gomme doit être considérée comme un phénomène pathologique.

La plupart de ces travaux publiés en Allemagne, et en particulier les plus récents, ont eu pour résultat d'étendre à la production de toutes les gommes les idées exposées par H. de Mohl dans son mémoire sur la gomme adragante.

M. Karsten (2) a considéré la gomme, de même que la résine, la cire et le mucilage, comme produits par l'altération de la paroi des cellules, exactement comme la gomme adragante.

M. Trécul (3) est le premier, à ma connaissance, qui ait fait de l'étude de la maladie de la gomme dans les arbres fruitiers une étude spéciale approfondie, et basée sur l'examen anatomique des tissus où se produit la gomme. Il reconnut la formation, surtout dans la couche génératrice, mais aussi dans l'aubier un peu plus anciennement développé, de lacunes remplies de liquide. Ces lacunes, d'abord petites, s'élargissent peu à peu, à mesure que les cellules voisines se désagrégent et se résorbent. Les rayons médullaires sont les parties qui résistent le plus à la résorption ; ce n'est qu'assez longtemps après la formation des lacunes que la gomme commence à s'y montrer. Si les lacunes sont dans le voisinage de l'écorce, la gomme qui y est sécrétée les remplit, puis les rompt, pénètre dans l'écorce, la traverse, et arrive au dehors.

---

(1) H. de Mohl, *Untersuchungen über die Entstehungsweise der Traganthgummi* (*Bot. Zeit.*, 1857, p. 36 et 55).

(2) Karsten, *Ueber Entstehung des Wachses, Gummi und Schleimes, etc.* (*Bot. Zeitung*, 1857).

(3) Trécul, *Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1860, t. LI, p. 621 et 55.

Quant à l'origine de la maladie, M. Trécul, d'accord en cela avec Meyen (1), l'attribue à diverses causes, qui toutes ont, selon lui, pour effet d'accumuler sur les mêmes points une quantité de séve trop considérable, et il pense qu'elle naît ainsi par conséquent d'une nutrition trop abondante des nouveaux tissus ; quand ceux-ci reçoivent trop de suc, les jeunes cellules de la couche génératrice se résorbent, et ainsi se forment les lacunes où plus tard apparaît la gomme, qu'il considère encore comme un produit de sécrétion.

Dans un second mémoire publié l'année suivante, M. Trécul (2), après avoir décrit en détail l'organisation de l'écorce des Amygdalées, caractérise nettement la formation des lacunes à gomme, qu'il désigne sous le nom de *cavernes de résorption*. En outre, il affirme, contrairement à l'opinion que M. Wigand, et tous les observateurs qui l'ont suivi, ont soutenue depuis, « que la gomme ne provient pas seulement d'une transformation de la substance des membranes cellulaires, c'est-à-dire de la cellulose, mais que le contenu des cellules fibreuses et celui des cellules parenchymateuses concourent à sa génération, et que la substance d'apparence gommeuse que renferment les vaisseaux, n'a pas été formée aux dépens des membranes cellulaires. »

M. Trécul enfin signala les différences considérables qui existent entre différentes substances que l'on observe dans le bois des Amygdalées, et que l'on y désigne sous le nom de *gomme*, et propose de donner le nom de *cérasone* à l'une de ces sortes de gommes qui ne se dissout pas dans l'eau comme l'arabine, et ne se gonfle même pas comme la cérasine.

---

(1) Meyen, *Pflanzen-Pathologie*, 1841, p. 229 et 55.

(2) Trécul, *Production de la gomme chez le Cerisier, le Prunier, l'Amandier, l'Abricotier et le Pécher* (*Procès-verbaux des séances de la Société philomatique pendant l'année* 1862, séance du 12 juillet 1862, et *Journal l'Institut*, 1862, p. 241.

Ce travail de M. Trécul paraît être resté absolument inconnu en Allemagne, et il n'en a été fait mention dans aucun des mémoires publiés ultérieurement sur cette question.

M. Wigand (1), dans un mémoire qui a eu beaucoup de retentissement, et qui est très-étendu et très-riche de faits : *Sur la désorganisation des cellules végétales, et la signification physiologique de la gomme et de la résine*, donne comme M. Karsten, aux idées exprimées par H. de Mohl dans son travail sur la gomme adragante, une extension considérable, car il attribue à une modification de la paroi des cellules la production non-seulement de toutes les gommes, mais encore des résines.

En ce qui touche le seul point que je compte traiter dans le présent travail, la formation de la gomme dans les arbres fruitiers, M. Wigand donne une très-bonne description anatomique des tissus des arbres attaqués par la maladie de la gomme, en prenant pour exemple le *Cerasus avium*, et il figure très-bien les lacunes remplies de gomme que l'on trouve dans ces arbres. Selon lui, la gomme est toujours due à une désorganisation, soit des parois des cellules ou des vaisseaux, soit des grains de fécule. Il décrit tout particulièrement les masses de gomme que l'on trouve souvent à l'intérieur des vaisseaux, comme dues à la transmutation de la paroi même de ces vaisseaux en gomme. M. Wigand a le premier signalé la production d'amas de parenchyme ligneux dans les bois où se forme de la gomme. Ce parenchyme entoure les lacunes où se montre la gomme, et c'est à la désorganisation des cellules qui le composent qu'est due la production de cette substance. Quant à l'écoulement de la gomme, considéré comme phénomène pathologique, M. Wigand le regarde comme peu important et peu nuisible. N'admettant pas que cet écoulement résulte d'une élimination d'une partie du suc nutritif, il ne pense pas qu'il y ait là une cause d'appauvrissement pour le végétal ; la gomme se forme par la décomposition des membranes cellulaires; sa production est due à des circonstances qui mettent un terme à la vie des tissus ; son apparition est la conséquence, le symptôme d'une maladie; elle n'est pas elle-même une maladie.

---

(1) Wigand, *Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle, insbesondere über die physiol. Bedeutung von Gummi und Harz* (*Pringsheim's Jahrb.*, 1863, III, p. 115 et 55).

M. Frank (1), dans son intéressant mémoire, a confirmé de tous points les observations de M. Wigand sur la formation de la gomme, qu'il considère aussi comme le produit de la décomposition de la paroi des vaisseaux et des cellules du parenchyme ligneux qui entoure les lacunes. Il s'éloigne seulement de M. Wigand, en ce qu'il ne considère pas toute la gomme comme formée exclusivement par l'altération de la substance des parois cellulaires et vasculaires, et il admet qu'il y a non-seulement transformation de ces éléments organiques en gomme, mais encore production d'une certaine quantité de gomme à l'aide des liquides nutritifs.

Enfin M. Sorauer (3), dans un dernier travail, a confirmé à son tour les observations précédentes touchant la production de la gomme, qu'il considère aussi comme causée par une altération des parois des cellules du parenchyme ligneux et des vaisseaux ; seulement, en ce qui touche la question pathologique, il considère l'épanchement de la gomme comme le symptôme d'une maladie, dont la cause la plus prochaine doit être cherchée dans une accumulation de matière plastique en certains points, par suite d'un défaut d'équilibre dans la production des nouveaux tissus.

Ainsi, pour résumer en quelques mots l'état présent de la question, l'opinion commune aux observateurs les plus récents est que la gomme est produite par l'altération des parois, soit des vaisseaux, soit des cellules du parenchyme ligneux qui apparaît dans le bois aux points où il se produit de la gomme. Dans le premier cas, l'altération des parois gagne à partir de l'intérieur ; dans le second, au contraire, elle se propage de l'extérieur vers l'intérieur. Il est admis, en outre, que les grains de fécule peuvent se changer de même en gomme. Il n'y a guère que sur les causes du phénomène pathologique qu'il y ait encore contestation.

---

(1) Frank, *Ueber die anatomische Bedeutung der veget. Schleime.* — 6. *Kirschgummi* (*Pringsheim's Jahrb.*, 1866-1867, t. V, p. 184 et ss.).

(2) Paul Sorauer, *Landwirthsch. Versuchstationen*, 1872, t. XV, nº 6, p. 454 et ss.

Cependant, ayant eu occasion d'étudier des rameaux de divers arbres fruitiers attaqués par la gomme, j'ai trouvé, entre les faits que j'ai observés et ceux qui ont été décrits, des différences assez considérables, pour qu'il me parût nécessaire de soumettre à un examen nouveau la question de la production de la gomme dans les arbres fruitiers.

La gomme qui s'écoule du tronc et des branches des arbres fruitiers à noyaux, tels que Cerisier, Prunier, Pêcher, Amandier, Abricotier, est, comme on sait, une substance à demi transparente, d'ordinaire d'une couleur brune plus ou moins foncée, dure quand elle est sèche, cassante à cassure vitreuse, et qui, mise dans l'eau, se gonfle, et prend une consistance mucilagineuse. La gomme du Cerisier diffère très-notablement, déjà au seul aspect, de la gomme adragante, qui est toujours terne, et dont la cassure est tout autre. Si on les observe l'une et l'autre au microscope, on voit se manifester des différences nouvelles et plus profondes encore. La gomme du Cerisier est amorphe, elle ne présente aucune trace d'organisation ; la gomme adragante, au contraire, se montre formée de grosses cellules à parois très-épaisses, dans lesquelles on distingue de nombreuses couches concentriques. Dans ces cellules, on observe encore quelques grains de fécule. La gomme adragante est blanche ; les parois des cellules qui la composent sont incolores. L'iode ne produit pas sur elles de coloration marquée ; mais quand on les traite par l'iodochlorure de zinc, on les voit se colorer très-nettement en bleu violacé. Cet effet est pareil à celui que le même réactif produit, comme on sait, sur la cellulose. Ainsi, soit que l'on considère l'organisation de la gomme adragante et la structure des éléments qui la constituent, soit que l'on examine l'action qu'exercent sur elle les réactifs chimiques, on doit être frappé de l'analogie qui se montre entre la gomme adragante et la cellulose, et il semble qu'on doive la considérer, ou bien comme un état particulier de la cellulose devenant capable de se gonfler, comme l'empois est un état particulier de l'amidon, qui devient capable de même de se gonfler dans l'eau ; ou bien comme un mélange de cellulose, et d'une substance mucilagineuse gonflable, qui serait interposée entre de très-minces feuillets de cellulose. La faible coloration des cellules gonflées de la gomme adragante par l'iodochlorure de zinc paraît plutôt favorable à cette seconde supposition.

Il n'en est pas de même de la gomme du Cerisier. Elle ne se colore pas en bleu par l'iodochlorure de zinc, et ne présente aucun des caractères de la cellulose. L'iode la colore en jaune ; la potasse lui donne une couleur brunâtre plus foncée ; l'acide chlorhydrique la colore aussi en jaune. Ce réactif a été employé dans les recherches sur la formation de la gomme pour distinguer cette substance, parce que l'acide chlorhydrique a la propriété de colorer en violet le bois des Prunier, Pêcher, Abricotier, etc. Sur une préparation traitée par l'acide chlorhydrique, la gomme tranche donc bien nettement par sa couleur jaune sur la nuance violette des parois des vaisseaux et des cellules voisines. Cependant ce réactif ne fournit pas toujours des résultats bien nets : ainsi la gomme des jeunes lacunes se colore souvent en violet très-vif par l'action de l'acide chlorhydrique. D'ordinaire, j'ai employé de préférence l'iodochlorure de zinc, qui, comme on sait, colore en bleu la cellulose et non la gomme.

La gomme ne présente pas toujours du reste les mêmes caractères et les mêmes réactions. M. Trécul en a déjà fait très-justement la remarque. La gomme, de consistance solide, que contiennent les vaisseaux, ne se dissout pas, ne se gonfle pas dans l'eau comme la gomme plus molle que l'on observe d'ordinaire dans les lacunes, bien que l'iode et l'acide sulfurique, ou l'iodochlorure de zinc, n'agissent pas plus sur elle que sur la cérasine ordinaire. M. Trécul a proposé de la désigner sous la dénomination spéciale de *cérasone*. Il a en outre signalé une différence entre les substances gommeuses que contiennent les lacunes :

l'une se gonfle dans l'eau, c'est la cérasine, elle occupe le milieu des lacunes ; l'autre ne se gonfle pas après qu'elle a été desséchée, et elle prend une teinte rose vif sous l'influence de l'iode et de l'acide sulfurique. Il regarde comme fort probable qu'elle est de même nature que la substance qui compose la membrane de diverses cellules végétales, et que celle que M. Kützing a observée dans diverses Algues et désignée sous le nom d'*eugélacine*.

La gomme se montre dans toutes les parties des arbres malades, depuis les plus petites branches grêles, qui meurent et se dessèchent par l'extrémité, jusque dans le tronc même de l'arbre, dont l'écorce fendue laisse échapper des masses mamelonnées de gomme souvent très-volumineuses.

Si l'on fait une coupe transversale d'un rameau et qu'on l'observe au microscope, on voit que la gomme s'y présente dans des conditions très-différentes.

On remarque tout d'abord qu'une partie des vaisseaux en sont plus ou moins complétement remplis; il en est ainsi souvent même dans des rameaux où il ne s'est formé du reste que peu de gomme. Dans lesvaisseaux, la gomme nouvellement formée est parfois blanche, mais le plus souvent elle est colorée en jaune brun plus ou moins foncé; elle ne se gonfle pas dans l'eau : c'est la cérasone de M. Trécul.

On voit aussi de la gomme dans la cavité des fibres ligneuses et libériennes qu'elle comble, et dans les cellules des rayons médullaires, où elle ne forme d'ordinaire que de petits amas.

Enfin on voit en maintes places dans le bois, et surtout à la limite du bois et de l'écorce, des espaces transparents formés par des lacunes creusées au milieu du tissu ligneux, et dans lesquelles s'est amassée de la gomme, tantôt plus, tantôt moins épaisse, mais le plus souvent très-peu colorée.

La gomme se montre donc dans les tiges dans trois conditions différentes, où nous allons en étudier la production avec plus de détail, à savoir :

1° Dans les vaisseaux;
2° Dans les cellules ;
3° Dans les lacunes en dehors des cellules.

I. *Production de la gomme dans les vaisseaux.* — Sur une coupe transversale du bois d'un arbre atteint de la maladie de la gomme, on voit presque toujours un nombre considérable de vaisseaux contenant de la gomme. Parfois ils sont entièrement comblés; d'autres fois la gomme ne les remplit pas entièrement; elle y forme souvent alors un revêtement plus ou moins épais, qui assez fréquemment occupe tout le pourtour, et ne laisse qu'une lumière assez étroite au milieu. Dans ce cas, elle se montre sur une coupe transversale sous l'aspect d'une sorte d'anneau, à contour souvent un peu sinueux, et comme mamelonné vers l'intérieur. Très-souvent, au contraire, le revêtement de gomme n'occupe qu'un côté du vaisseau, et se présente sur une coupe transversale sous forme de croissant.

Ces différents aspects, qui peuvent du reste varier dans le détail, ont été bien constatés par les observateurs; mais ils ont été considérés souvent comme fournissant la preuve de la transformation de la portion interne du vaisseau en gomme. La figure que donne en particulier M. Frank (1) paraît en effet bien justifier cette manière de voir; cependant la gomme se présente encore dans les vaisseaux sous d'autres formes, qui se prêtent beaucoup moins bien à l'explication admise sans partage dans les mémoires plus récents.

Très-souvent on voit dans les vaisseaux de petites masses sphériques, qui ne tiennent à la paroi que par un très-petit point. Les auteurs y ont vu des exemples très-marqués de la transformation en gomme de places très-resserrées de la paroi d'un vaisseau.

M. Sorauer, étudiant l'action de l'acide chlorhydrique sur ces petites masses globuleuses, a vu que souvent elles se colorent en violet comme les parois mêmes des vaisseaux, et a trouvé dans cette observation la confirmation, dans ces cas extrêmes, de la transmutation des parois vasculaires en gomme.

Je crois tout d'abord devoir faire remarquer que de tels faits sont souvent plus complexes qu'on ne l'a supposé, et qu'à la production de la gomme se trouve plus d'une fois mêlé un phénomène d'une tout autre nature. Je veux parler de formations vésiculaires qui se montrent fréquemment dans les vaisseaux gommeux, bien qu'elles n'y aient pas été signalées, et qui semblent tout à fait analogues à celles que l'on a déjà bien souvent décrites et figurées sous le nom de *tylles* dans les vaisseaux de beaucoup de bois, et en particulier dans les vieux rameaux de Vigne, où elles sont extrêmement fréquentes. Très-souvent, dans le bois d'arbres malades de la gomme, on voit les vaisseaux remplis, sur une assez grande longueur, de pareilles vésicules, dont les parois sont brunes, desséchées, et semblent imprégnées de gomme. Quand ces productions sont jeunes, elles se montrent le long des parois sous forme de sphérules, de petites vessies bien gonflées, qui manifestent les réactions ordinaires des parois cellulaires. Parfois j'en ai observé qui présentent sur un côté un épaississement notable dû, sans aucun doute, à une formation de gomme à leur intérieur.

---

(1) *Loc. cit.*, fig. 26

Souvent on observe au milieu de masses de gomme des sphérules ordinairement très-petites et indépendantes les unes des autres, sur la nature desquelles je ne saurais me prononcer avec certitude; je n'ai pu reconnaître si ce sont de véritables vésicules, comme sont les tylles vraies, ou de simples vacuoles, comme celles que l'on observe si souvent dans les formations protoplasmiques à l'intérieur des cellules. Je crois qu'outre les tylles, il y a souvent au milieu des amas de gomme, des gouttelettes sphériques d'une substance moins réfringente, ou des vacuoles globuleuses ou ovoïdes (1).

Dans les vaisseaux où la production de la gomme est abondante, cette matière y forme souvent sur une assez grande étendue un épais revêtement qui couvre entièrement la paroi intérieure (2) ; mais il n'en est pas toujours ainsi : là, par exemple, où elle ne se montre qu'en faible quantité, on la voit apparaître sous forme de très-petites gouttelettes qui ne sont guère plus grosses que les ponctuations des vaisseaux, et qui paraissent d'ordinaire se déposer précisément sur les points qui correspondent à ces ponctuations (1). Quand la production de la gomme est un peu plus abondante, on voit les gouttelettes, un peu plus grosses, se confondre souvent par les côtés, et former ainsi de petites masses irrégulières, sinueuses sur les bords (2). Cette observation me paraît difficilement conciliable avec l'idée de transformation de la paroi du vaisseau en gomme. Il est bien plus naturel d'admettre que les fines gouttelettes de gomme que l'on observe à la face interne des vaisseaux se sont déposées à la place où on les voit, ou bien ont filtré à travers la paroi.

---

(1) Fig. 20.
(2) Fig. 6.

Dans les endroits où la gomme est abondante, au lieu de petites gouttelettes isolées ou confluentes, on n'observe plus qu'une masse unique formant une sorte de couche plus ou moins épaisse qui tapisse le vaisseau à l'intérieur sur une certaine étendue. Ce revêtement de gomme a souvent en divers points une grande épaisseur, et fait alors très-fortement saillie à l'intérieur sous forme d'éminence mamelonnée, de dent, de pointe souvent irrégulière et recourbée. Très-fréquemment des saillies se produisent à la même hauteur dans le vaisseau en des points opposés, et par suite de leur position s'avancent l'une vers l'autre, et tendent à se rejoindre par le sommet au milieu de la cavité du vaisseau qu'elles remplissent entièrement. D'autres fois les saillies qui se joignent sont trop étroites pour combler le vaisseau, qui est seulement traversé par un cordon plus ou moins épais de gomme (fig. 12).

Il n'est pas rare de voir dans ces amas de gomme à l'intérieur des vaisseaux de nombreuses sphérules (3) nettement limitées ; parfois elles deviennent tellement abondantes, que la masse entière devient comme spumeuse.

Souvent le revêtement de gomme qui tapisse l'intérieur des vaisseaux se gonfle, s'étend, se dilate, et devient plus long et plus large que la paroi sur laquelle il s'était déposé; il s'en détache alors en se contournant et faisant des plis à l'intérieur.

---

(1) Fig. 11, 14.

(2) Fig. 10.

(3) Fig. 4.

M. Frank a représenté ce fait d'après la coupe transversale d'un vaisseau ; on le voit aussi, et même d'une manière plus frappante encore, sur une coupe longitudinale. Cette dilatation des lames de gomme après leur formation explique l'aspect singulier des cordons de gomme qui, comme il a été dit plus haut, traversent souvent les vaisseaux d'un côté à l'autre, et qui, devenant ainsi plus longs que le diamètre du tube, se courbent en forme d'anse ou de boucle.

La séparation du revêtement de gomme et de la paroi elle-même permet de reconnaître, ce me semble, avec certitude que l'explication admise, touchant la formation de la gomme à l'intérieur des vaisseaux, n'est pas exacte.

Les vaisseaux de l'Abricotier, qui m'a fourni les principales préparations que je prends pour exemple, portent à la fois des ponctuations aréolées, et des épaississements spiraux formant une ligne saillante à l'intérieur du tube. Cette ligne spirale est mince, et les tours de spire sont très-espacés ; c'est dans l'intervalle que se montrent les ponctuations. Or, cette structure des parois des vaisseaux se distingue encore nettement dans les vaisseaux remplis de gomme.

Si cette gomme était formée, comme on l'a supposé, par la désorganisation de la partie interne de la paroi vasculaire, cette portion du moins de la membrane du vaisseau qui porte le fil spiral devrait être décomposée, et les fils spiraux ne devraient plus être apparents. Or, non-seulement ils se distinguent encore très-nettement, mais encore, quand on observe les points où la couche de gomme est séparée de la paroi, on voit qu'ils sont demeurés intacts en dehors de la masse gommeuse ; celle-ci s'est seulement moulée sur la paroi, et a pris l'empreinte des dessins dont sa surface est marquée.

J'ai vu et figuré de telles masses de gomme extraites des vaisseaux, provenant d'échantillons de bois d'Abricotier qui avaient été conservés pendant plusieurs mois dans le chlorure de calcium ; elles présentaient à leur surface des sillons creux correspondant exactement aux lignes spirales saillantes de la paroi du vaisseau, et même de petites saillies répondant aux ponctuations. Dans des préparations où la lame de gomme, en se dilatant, s'était en certains points seulement détachée de la paroi en se courbant en dedans, on voyait sur une coupe longitudinale, à la fois et vis-à-vis, et les fils spiraux coupés par l'instrument tranchant, et les impressions spirales dans la gomme.

Toutes ces observations démontrent que la gomme que contiennent les vaisseaux des arbres fruitiers atteints de la gommose (maladie de la gomme) n'est pas due à une désorganisation de la partie interne de la paroi vasculaire, et à son changement en gomme, comme l'ont soutenu de nombreux observateurs, et en particulier MM. Wigand, Frank et Sorauer dans ces derniers temps, mais qu'elle apparaît à la surface interne de la paroi, qui n'est altérée ni dans sa composition, ni dans sa structure, sous forme, soit de gouttelettes, soit de masses mamelonnées plus ou moins étendues et plus ou moins épaisses.

II. *Production de la gomme dans les fibres et dans les cellules. Transformation de la fécule en gomme.* — La gomme ne se montre pas seulement dans les vaisseaux, mais encore dans les cellules et dans les fibres.

Quand elle apparaît à l'intérieur des fibres dont la cavité est très-étroite, elle semble les combler entièrement. Du reste, dans les fibres remplies de gomme, les parois paraissent toujours très-nettement limitées vers l'intérieur, et ne montrent pas dans leur aspect trace de désorganisation. Plusieurs fois j'ai vu seulement l'apparition de la gomme coïncider avec un développement plus considérable de la paroi de la fibre, qui se montre plus large et plus épaisse que les fibres voisines dans lesquelles il n'y a point de gomme.

C'est principalement dans les fibres libériennes, qui sont disposées en faisceaux isolés au milieu du parenchyme cortical, que j'ai vu ce fait se produire (1), et cela surtout dans les fibres de la périphérie du faisceau, dont rien, par suite de leur position, ne gêne le développement.

---

(1) Fig. 21.

Cette gomme, comme celle des vaisseaux, se rapporte encore à la *cérasone* de M. Trécul.

Dans les tiges et les rameaux atteints par la gomme, on voit assez communément se déposer de la gomme sous forme solide dans les cellules des rayons médullaires qui, dans l'état ordinaire, sont remplis de fécule. Dans ce cas, la gomme a été considérée par tous les observateurs comme due à une transformation de la fécule en gomme.

La paroi de la cellule, en effet, n'offre aucune trace d'altération, tandis qu'on voit au contraire les grains de fécule disparaître et de petites masses de gomme se montrer à leur place. J'ai suivi plusieurs fois l'apparition de la gomme dans ces conditions spéciales, et il me semble que ce qui en a été dit ne donne pas de ce qui se passe une notion tout à fait exacte. Selon M. Frank, les grains de fécule se changent peu à peu en gomme, en conservant leur forme intacte ou seulement très-légèrement modifiée, et présentent successivement, à mesure qu'ils se modifient, des colorations différentes quand on les traite par l'iode. Cette description me paraît de nature à faire concevoir du phénomène une idée erronée.

Les grains de fécule contenus dans les cellules où la gomme commence seulement à apparaître, se montrent amoncelés en petites masses, autour desquelles on distingue bientôt une très-mince couche de gomme. Puis l'épaisseur de cette couche augmente (1); souvent, en même temps, on voit aussi de la gomme se déposer non plus seulement autour des groupes de grains de fécule, mais sur divers autres points de la cellule. Peu à peu les amas de fécule englobés dans la gomme diminuent, tandis que la couche de gomme qui les entoure devient plus épaisse (2); mais les deux substances traitées par l'iode présentent leurs propriétés spéciales bien tranchées, et sans aucune transition : la pelote de gomme se colore en jaune, le noyau de fécule qu'elle contient au centre en bleu. La résorption de la fécule continuant, toute cette matière finit par disparaître, en laissant le plus sou-

(1) Fig. 22, 24, 26.

(2) Fig. 23.

vent une place vide au centre de la masse de gomme qui l'entourait (1).

On voit, d'après cela, que, bien que la formation de la gomme corresponde à la disparition de la fécule, et qu'il soit tout à fait naturel d'admettre que les deux phénomènes sont la dépendance l'un de l'autre, chaque grain de fécule cependant n'est pas changé directement en une sorte de grain de gomme ; les couches successives de chaque grain ne se transforment pas en gomme, mais les grains se résorbent, et fournissent les éléments nécessaires à la production de la gomme.

Quand il se forme au milieu des tissus de grands foyers de production de gomme, on observe à l'intérieur des cellules qui les avoisinent une assez grande quantité de fécule, qui se résorbe aussi peu à peu, en se transformant de même en gomme. Mais, dans ce cas, la gomme ne se dépose pas sous forme solide dans les cellules qui contiennent les grains de fécule : on les voit diminuer de taille et disparaître peu à peu, et il n'est pas douteux qu'ils ne se transforment en gomme ; seulement cette matière passe, à mesure qu'elle se produit, dans la lacune voisine, où elle s'amasse en quantité souvent considérable.

III. *Production de la gomme dans les lacunes.* — La quantité de gomme que l'on voit à l'intérieur des vaisseaux et des cellules est toujours peu considérable, si on la compare à celle qui s'accumule dans les lacunes qui se forment au milieu des tissus dont les cellules se désagrégent.

Quand on coupe une branche sur un arbre atteint de gommose, on voit souvent, au bout de peu de temps, perler sur la coupe de petites gouttelettes de gomme, disposées régulièrement en cercle autour du bois et en dedans de l'écorce ; la gomme qui apparaît ainsi s'écoule de lacunes creusées dans la dernière couche annuelle formée ; c'est là en effet qu'elle se trouve en plus grande abondance. Mais si l'on examine, à l'aide du microscope, des coupes fines de rameaux, on voit qu'il n'y a pas qu'une seule série de ces réservoirs à gomme qui se montrent, sous l'aspect de petites places transparentes, assez régulièrement réparties en cercle à une égale distance les unes des autres, rarement sur toute la périphérie, mais très-souvent sur une partie étendue du pourtour. Cette disposition des lacunes en files circulaires provient de ce qu'elles se forment à l'intérieur d'une même couche annuelle : mais il n'y a pas que la plus récente dans laquelle il s'en soit produit ; très-souvent on voit par suite plusieurs séries concentriques de lacunes à gomme à des profondeurs différentes à l'intérieur du bois.

---

(1) Fig. 23, 27.

Si l'on observe ces lacunes à gomme sur une coupe transversale, on voit qu'elles sont irrégulièrement arrondies, et n'occupent généralement, quand elles ne prennent pas un très-grand développement, que l'intervalle de deux rayons médullaires (1) ; mais si on les étudie sur une coupe longitudinale, on reconnaît qu'elles s'étendent dans le sens de la longueur de la tige, et forment par conséquent des canaux pleins de gomme, mais qui sont très-irrégulièrement limités. Ces réservoirs à gomme n'ont rien qui ressemble à des parois propres (2), et cependant elles ne sont pas bordées directement par les éléments normaux du tissu au milieu duquel elles s'étendent. Ce ne sont pas des fibres ligneuses qui les entourent immédiatement, mais un tissu spécial, dont la formation coïncide avec l'apparition de la maladie de la gomme, et précède ou accompagne la première apparition des lacunes qui vont se former à son intérieur. La production de ce tissu anomal peut donc être considérée comme la première des altérations que la maladie va apporter à l'organisation de la tige, le premier des phénomènes morbides de la gommose.

Quand des lacunes à gomme vont se former en un point de la couche annuelle dans la zone d'accroissement, les très-jeunes éléments du cambium, au lieu de s'organiser en longues fibres, se divisent transversalement dans la longueur, pour former des cellules qui sont fort analogues à celles qui constituent normalement les rayons médullaires, bien qu'elles soient plus allongées ;

(1) Fig. 32.

(2) Fig. 35, 38.

mais elles ont de même, quand elles sont formées, des parois assez épaisses et ponctuées, et de même aussi elles contiennent de la fécule en quantité considérable. Quand on mouille d'une solution iodée une coupe de rameau atteint de gommose, on voit la coloration en violet foncé que présentent les rayons médullaires marquer aussi tout l'entourage des lacunes à gomme.

Il y a donc dans le bois des arbres atteints par la gommose une production pathologique toute spéciale de parenchyme ligneux qui occupe tout le pourtour des réservoirs à gomme, ou plutôt, à vrai dire, le côté externe et le côté interne des lacunes ; car sur les côtés elles sont bordées par les rayons médullaires, qui se confondent insensiblement avec le parenchyme ligneux anomal.

Les cellules du parenchyme ligneux sont généralement disposées concentriquement en séries rayonnantes autour de la lacune à gomme, et aplaties perpendiculairement à la direction des rayons, comme si elles avaient subi une pression de la masse de gomme qu'elles entourent. Mais on peut voir que les cellules les plus voisines de la lacune ne présentent aucune apparence de compression ; bien au contraire, car elles prennent un développement considérable, et s'étendent souvent vers l'intérieur de la lacune au milieu de la gomme. En tout cas, les cellules du parenchyme qui bordent directement la lacune sont toujours de beaucoup les plus grandes et les plus développées.

Les lacunes naissent dans l'intervalle des rayons médullaires, et quand elles grandissent par suite de la désagrégation, et sans doute en partie de la résorption des cellules voisines, elles rompent souvent la lame due au rayon médullaire qui les sépare, et les deux lames voisines se confondent ; mais alors les restes du rayon médullaire se voient encore le plus souvent à la partie médiane de la grande lacune formée de la fusion de deux lacunes primitives. De tous les tissus, les rayons médullaires sont de beaucoup ceux qui résistent le plus longtemps à la désorganisation qui se produit au voisinage de la lacune.

Les cellules du parenchyme ligneux ont une grande ressemblance avec celles des rayons médullaires dans ces deux tissus ; mais il convient de distinguer des autres celles qui bordent la lacune, et se trouvent au contact immédiat de la gomme, car elles présentent des caractères tout spéciaux. Leur croissance est tout à fait extraordinaire (1) : non-seulement elles dépassent beaucoup la taille des cellules voisines, mais elles ont une forme différente ; elles se gonflent, deviennent globuleuses ou claviformes, et pénètrent dans l'intérieur de la lacune. Il n'est pas rare de les voir alors présenter des saillies sur divers points, et montrer un commencement de ramification (2). Souvent elles se trouvent isolées des cellules voisines, et demeurent plongées de toute part dans la masse de gomme ; mais, même alors, elles continuent à croître avec une remarquable énergie, et se multiplient par la production de cloisons intérieures ; elles se transforment ainsi en un groupe de quatre à huit cellules.

Toutes les cellules qui bordent la lacune remplie de gomme offrent, d'une manière plus ou moins marquée, cet excès de croissance ; mais ce sont surtout les cellules des rayons médullaires qui donnent naissance à des prolongements claviformes, et se ramifient au milieu de la gomme.

Cette multiplication extraordinaire des cellules au contact de la gomme rappelle d'une manière frappante celle qui se manifeste sur le bord des plaies, quand le tissu lésé est mis à l'abri du contact de l'air. La ressemblance entre ces deux phénomènes est telle, que l'on pourrait voir une exacte description de la transformation spéciale des tissus au contact de la gomme, dans les lignes suivantes où M. Trécul faisait connaître les formations cellulaires qui se produisent sur le bord des plaies (3) : « Les » cellules les plus externes se gonflent ; elles s'étendent d'autant » plus qu'elles sont plus voisines de la circonférence (ici c'est le » bord de la lacune qu'il faut entendre) ; la plus extérieure est » ordinairement la plus volumineuse. Elle devient tout à fait » globuleuse, puis elle s'allonge et devient claviforme. C'est » alors ordinairement qu'elle se partage en deux, par la produc-

---

(1) Fig. 36, 37.

(2) Fig. 38.

(3) Trécul, *Accroissement des végétaux dicotylédonés ligneux* (*Ann. des sc. nat.*, 3^e série, t. XIX, p. 166).

» tion d'une cloison, vers sa partie inférieure ou médiane... » Tout se passe de même au bord de la lacune à gomme; seulement les cellules ne se multiplient pas aussi uniformément, et en outre, à mesure qu'elles croissent; elles sont exposées à se désagréger et à s'altérer. Les parois des cellules qui grandissent au contact de la gomme sont souvent très-épaisses et ponctuées, comme les cellules du parenchyme ligneux ou des rayons médullaires d'où elles proviennent, et elles contiennent encore de la fécule.

Souvent, quand une cellule à parois épaisses se multiplie par la formation de cloison transversale dans des sens différents, tout en se trouvant isolée au milieu de la gomme, les cloisons de séparation restent minces, et le phénomène de formation s'arrête avant que les cellules de deuxième génération aient acquis à beaucoup près l'épaisseur de la cellule primitive.

Quand, au contraire, les cellules se multiplient régulièrement dans un seul sens par formation de cloisons transversales, elles produisent une série de cellules placées bout à bout, une sorte de filament cellulaire, parfois ramifié, qui s'étend dans la lacune à gomme.

Les cellules composant un tel filament présentent souvent toutes un notable épaississement; en outre, il se produit de la fécule dans leur intérieur.

Ainsi, pendant que la gomme se produit, on observe dans les cellules qui bordent la cavité où elle s'amasse une activité vitale extraordinaire ; elles grandissent, se développent, se multiplient, s'épaississent et se remplissent de fécule. Mais bientôt un phénomène inverse se manifeste : la fécule qui s'était déposée dans les cellules se résorbe; les cellules elles-mêmes s'altèrent; leurs parois subissent une désorganisation toute particulière : elles s'exfolient; les couches successives dont est formée la membrane cellulaire se décollent, et se montrent séparées par de la gomme qui s'amasse entre elles, et distend beaucoup les feuillets les plus extérieurs. Peu à peu les parois, ainsi désagrégées en lames d'une extrême ténuité, se détruisent et se résorbent ; on en distingue quelquefois nettement les débris au milieu de la gomme des lacunes (1). Il est infiniment probable que la matière même de ces cellules est utilisée, comme la fécule du parenchyme ligneux et des rayons médullaires, par la formation d'une nouvelle quantité de gomme.

Selon l'opinion qui prévaut, d'après les travaux de Karsten, de Wigand et de Frank, la gomme des lacunes est due à une désorganisation progressive de la paroi des cellules voisines qui gagne régulièrement de l'extérieur à l'intérieur. Les observations qui précèdent ne permettent pas d'accepter absolument cette manière de voir. Quand, en effet, la paroi des cellules est gonflée, et semble très-évidemment transformée en gomme, ce n'est pas la partie la plus extérieure qui se montre particulièrement tuméfiée et gélatineuse, mais une couche située plus profondément dans l'intérieur même de la membrane. La limite extérieure de la cellule qui se change en gomme n'est pas toujours indécise et vague, et très-souvent on voit une pellicule bien nette qui l'arrête ; aussi, bien que ces observations soient assez délicates, je crois pouvoir affirmer avec certitude que c'est non pas à la limite extérieure, mais dans la profondeur de la paroi et entre des feuillets qui présentent les réactions de la cellulose d'une manière nettement tranchée, que la gomme apparaît.

Les parois des cellules qui bordent les lacunes n'ont pas en effet perdu, comme on aurait pu le supposer d'après les travaux qui ont été publiés sur ce sujet, les caractères de la cellulose. Si, après avoir fait bouillir une coupe mince de bois gommeux un instant dans la potasse, pour enlever la matière ligneuse qui incruste les cellules et les fibres, on la traite par l'iodochlorure de zinc, on voit les parois des cellules, même les plus voisines de la lacune, même celles qui sont gonflées et isolées au milieu de la gomme, se colorer en bleu violet, comme les cellules inaltérées qui sont situées loin de la lacune.

La gomme contenue dans la lacune se colore en jaune, ainsi qu'une lame de matière intercellulaire qui apparaît très-nettement entre les fibres et entre les cellules, grâce à ces colorations, et qui se montre en particulier, de la façon la plus tranchée, dans le bois de l'Abricotier, qui m'a fourni les principaux matériaux pour ces recherches. Cette substance intercellulaire forme un réseau jaune, dont les mailles sont occupées par les cellules colorées en bleu violet, et autant la séparation entre la lame intercellulaire et les cellules voisines est marquée, autant elle est indécise et insaisissable entre l'extrémité des lames intercellulaires et la lacune remplie de gomme. Quand les cellules se dissocient, se séparent les unes des autres au voisinage de la lacune, on ne saurait la plupart du temps dire si elles sont séparées par de la gomme ou par une lame plus épaisse de matière intercellulaire. Cependant cette question de la première formation de la gomme entre les cellules offre assez d'intérêt pour que j'aie dû chercher à la résoudre, et, malgré la difficulté du sujet, je crois être parvenu à discerner les premières phases du phénomène.

---

(1) Fig. 28, 29, 30, 34.

Je ne cherche pas ici à établir quelles sont l'origine et la véritable nature de la lame intercellulaire, cela m'entraînerait beaucoup trop loin de mon sujet ; il suffit de savoir que, dans le bois formé, on trouve entre les cellules voisines, dont les parois sont cellulosiques, une lame interposée de matière qui ne présente pas les caractères de la cellulose. C'est au contact immédiat de cette lame, entre elle et la plus extérieure des couches cellulosiques des deux cellules adjacentes, que l'on voit se produire d'abord une mince fissure, les deux cellules voisines se décollent, et la lame de matière intercellulaire se trouve isolée entre elles deux. Bientôt les contours de cette lame intercellulaire s'effacent, et il devient infiniment difficile et même absolument impossible de la distinguer de la gomme qui remplit tout l'intervalle entre elle et la cellule. On est donc amené à admettre que la matière intercellulaire se change en gomme : la gomme apparaît d'abord à la limite qui sépare la paroi cellulaire de la lame intercellulaire, l'expérience directe le montre ; puis la lame intercellulaire disparaît, et est remplacée par de la gomme. On est en droit d'en conclure, ou que la gomme se produit à mesure que la lame intercellulaire est résorbée, ou que la matière intercellulaire se modifie et se change directement en gomme.

Ce qui se passe, quand la paroi même des cellules voisines des lacunes se gonfle et paraît se changer en gomme, semble très-analogue à ce que nous venons d'observer en dehors de la cellule. De même, le premier symptôme de l'apparition de la gomme est manifesté par la formation d'une ou de plusieurs fissures dans la paroi même qui se divise ainsi en deux ou plusieurs feuillets. C'est après ce décollement des couches adjacentes de la paroi, c'est entre les lames ainsi séparées, que se montre la gomme.

Quant à l'origine même de la gomme qui apparaît de cette façon, soit dans l'intérieur des parois des cellules, soit surtout entre les cellules, s'il est naturel d'admettre que certaines couches de la membrane cellulaire et que la lame intercellulaire y prennent particulièrement part, il me paraît, d'autre côté, infiniment probable que la plus grande partie de la gomme qui s'accumule dans les lacunes est formée à l'aide des matériaux fournis par la fécule qui se trouve amassée en quantité considérable, non pas seulement dans le parenchyme ligneux, mais dans les rayons médullaires qui sont les magasins où sont mis en réserve, sous forme de grains de fécule, de grands dépôts de principes nutritifs qui sont destinés, dans l'état normal, à servir à l'accroissement de l'arbre et à la formation de pousses nouvelles.

Si d'ordinaire la gomme qui est contenue dans les lacunes profondes ne peut se frayer un chemin vers l'extérieur, et ne se produit qu'en quantité restreinte, il n'en est pas de même pour celle qui s'amasse dans les lacunes voisines de l'écorce. Là elle rompt, quand elle se forme en abondance, la mince lame de tissu qui limite la lacune du côté de l'écorce; celle-ci contient normalement de grandes lacunes ; la gomme s'y répand, les remplit, et finit par s'écouler au dehors à travers des fissures. Dans ce cas, la production de gomme peut être extrêmement considérable, et, à mesure qu'elle s'écoule et s'amasse à la surface sous forme de masses mamelonnées, il s'en reforme des quantités nouvelles aux dépens de l'arbre, dont les réserves alimentaires s'épuisent, et qui dépérit rapidement.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHE 5.

Fig. 1. Cellule de la gomme adragante. Les parois sont très-épaisses, on y distingue de nombreuses couches. Dans la cavité de la cellule on voit quelques grains de fécule. Les parois de la cellule se colorent en bleu pâle par l'iodochlorure de zinc.

Fig. 2. Masses de gomme faisant saillie à l'intérieur d'un vaisseau d'Abricotier. A la partie supérieure de la figure, deux masses de gomme se rencontrent par le sommet et se courbent l'une sur l'autre. A la partie inférieure, deux autres masses sont soudées par le sommet.

Fig. 3. Coupe transversale d'un vaisseau contenant un épais revêtement de gomme. Dans la couche de gomme on distingue quelques petites vacuoles.

Fig. 4. Coupe longitudinale d'un vaisseau contenant de gros amas mamelonnés de gomme au milieu desquels on distingue des vacuoles globuleuses.

Fig. 5. Coupe transversale d'un vaisseau contenant un revêtement de gomme plus épais sur deux côtés opposés, de telle façon que la cavité du vaisseau paraît comprimée.

Fig. 6. Coupe longitudinale d'un vaisseau contenant un dépôt considérable de gomme. On distingue cependant nettement sur les parois des lignes spirales et dans leur intervalle des ponctuations aréolées. On voit par transparence à travers la paroi le revêtement de gomme d'épaisseur un peu variable et formant par places des éminences très-marquées.

Fig. 7. Coupe transversale d'un vaisseau contenant des vésicules (tylles) de différentes grandeurs.

Fig. 8. Coupe d'un autre vaisseau contenant des vésicules qui en remplissent toute la cavité.

Fig. 9. Masse de gomme extraite d'un vaisseau. Elle montre à sa surface, sous forme de sillons creux, l'impression des fils spiraux qui font saillie sur la face interne de la paroi du vaisseau.

Fig. 10. Gouttelettes de gomme se montrant sur la surface interne d'un vaisseau. Plusieurs gouttelettes voisines s'unissent de façon à former des gouttes un peu plus grosses dont les contours sinueux accusent l'origine multiple.

Fig. 11. Gouttelettes de gomme isolées, déposées à l'intérieur d'un vaisseau.

Fig. 12. Revêtement de gomme d'un vaisseau se détachant par places de la paroi et se courbant vers l'intérieur du tube par suite de la dilatation qu'il éprouve. A la partie inférieure de la figure on voit un cordon transversal de gomme qui s'est aussi contourné.

Fig. 13. Petite portion du revêtement de gomme détaché de la paroi. On y voit de petites saillies qui correspondent aux ponctuations aréolées des vaisseaux.

Fig. 14. Petite portion de la paroi très-grossie d'un vaisseau vu par la face interne et montrant les ponctuations et par places de très-petites gouttelettes de gomme.

Fig. 15. Coupe transversale de deux vaisseaux contenant de la gomme. Dans l'un, le

dépôt de gomme ne s'est fait que d'un côté; sur la coupe il présente l'aspect d'un croissant. Dans l'autre, le revêtement de gomme est complet et occupe toute la périphérie.

Fig. 16. Coupe longitudinale d'un vaisseau contenant des vésicules (tylles) desséchées.

Fig. 17. Coupe transversale d'un vaisseau contenant à son intérieur des vésicules desséchées et imprégnées de gomme.

Fig. 18. Groupe de tylles à l'intérieur d'un vaisseau.

Fig. 19. Revêtement gommeux gonflé se séparant de la paroi d'un vaisseau.

Fig. 20. Coupe transversale d'un vaisseau entièrement rempli de gomme. Au milieu de cette gomme on voit de nombreuses vacuoles.

PLANCHE 6.

Fig. 21. Coupe transversale d'un faisceau de fibres libériennes. A l'intérieur de trois fibres plus grosses que les autres on voit de la gomme.

Fig. 22. Cellule de rayon médullaire contenant des amas de grains de fécule entourés d'une couche de gomme.

Fig. 23. Cellules de rayon médullaire. Dans l'une, on voit les amas de fécule en voie de résorption au milieu de masses de gomme; dans l'autre, la résorption de la fécule est complète, la gomme est restée seule.

Fig. 24. Cellule de rayon médullaire montrant des amas de fécule en voie de résorption et entourés de gomme.

Fig. 25. Dépôt de gomme en gouttelettes sur la paroi interne d'une cellule.

Fig. 26. Amas de fécule entouré de gomme.

Fig. 27. Masses de gomme qui se sont déposées autour d'amas de fécule et qui sont demeurées seules après la complète résorption de la fécule.

Fig. 28. Cellule du bord d'une lacune présentant des parois exfoliées dans lesquelles de la gomme occupe l'intervalle des feuillets.

Fig. 29. Cellule présentant comme les précédentes des parois exfoliées et remplies de gomme.

Fig. 30. Coupe faite sur une lacune à gomme du Pêcher, montrant les tissus désagrégés; au milieu de la gomme on voit les débris de plusieurs cellules en voie de désorganisation.

Fig. 31. Fils de cellule à parois gonflées faisant saillie à l'intérieur d'une lacune et se développant au milieu de la gomme.

Fig. 32. Aspect général d'une jeune lacune à gomme se produisant à la limite du bois et de l'écorce et dans l'intervalle de deux rayons médullaires. On voit du côté du bois les fibres ligneuses remplacées au voisinage de la lacune par du parenchyme ligneux.

Fig. 33. Formation de la gomme entre les cellules. La lame de substance intercellulaire est séparée des cellules par une fente mince que remplit de la gomme.

Fig. 34. Formation de la gomme dans la paroi des cellules dont les feuillets sont séparés par des fentes que remplit de la gomme.

Fig. 35. Aspect général d'une lacune à gomme occupant l'intervalle de deux rayons médullaires.

Fig. 36. Développement anormal et multiplication de cellules isolées au milieu de la gomme d'une lacune.

Fig. 37. Prolongements celluleux émanant du parenchyme ligneux qui borde une lacune à gomme, et multiplication anormale des cellules au milieu de la gomme, vue sur une coupe longitudinale.

Fig. 38. Coupe transversale d'une lacune à gomme montrant la production de filaments rameux qui émanent de rayons médullaires.

DU ROLE

DES ÊTRES MICROSCOPIQUES ET DES MOISISSURES

DANS L'ALTÉRATION DES MATIÈRES ORGANIQUES.

PUTRÉFACTION SPONTANÉE DES ŒUFS (1)

Par M. Ulysse GAYON,
Docteur ès sciences.

---

1. La putréfaction est une décomposition des matières animales ou végétales qui se produit dans certaines conditions de chaleur et d'humidité, avec dégagement de gaz fétides. Tout le monde sait que les œufs sont éminemment aptes à subir cette altération profonde.

M. Donné (de Montpellier) a fait, il y a quelques années, une étude intéressante de la fermentation putride des œufs. Les résultats de ses recherches peuvent se résumer ainsi :

Les œufs non agités se conservent « sans fermenter ni pourrir » (2).

Les œufs agités et brouillés s'altèrent « toujours en moins d'un mois ».

« Dans aucun cas, et quel que soit le degré de putréfaction auquel l'œuf soit arrivé », on n'y trouve pas « la moindre trace d'êtres organisés, du règne végétal ou du règne animal » (3).

La putréfaction des œufs s'accomplirait donc en dehors de la présence d'organismes microscopiques. M. Pasteur ayant montré au contraire que toute putréfaction, comme toute fermentation proprement dite, est corrélative du développement et de la multiplication de protorganismes ferments (1), les observations de M. Donné constituaient une exception inattendue à des faits, dont la généralité était cependant bien remarquable. De nouvelles recherches étaient nécessaires pour vérifier ce point de doctrine : ce sont ces recherches que j'ai tentées.

---

(1) Ce travail est extrait d'un Mémoire qui a paru sous le titre : *Recherches sur les altérations spontanées des œufs* (voyez dans les *Annales de l'École normale supérieure*, 2e série, t. IV, p. 205).

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LVII, p. 451.

(3) *Ibid.*, t. LXV, p. 604.

2. *Caractères généraux de la putréfaction dans les œufs.* — Ces caractères changent avec l'état des œufs, la période de l'altération et la nature du milieu.

C'est à l'odeur qu'on reconnaît vulgairement un œuf pourri ; mais elle ne se développe que plusieurs jours après le véritable commencement de la putréfaction. Le premier phénomène sensible est une coloration verdâtre qui se manifeste en un ou plusieurs points, soit sur les membranes de l'œuf, soit à l'intérieur du blanc, dans lequel nage alors le vitellus qui n'a encore subi lui-même aucune modification apparente. La réaction est alcaline, comme dans un œuf frais ; l'odeur putride commence à peine à devenir appréciable. Un peu plus tard, la coloration verdâtre du blanc disparaît et fait place à une teinte jaune ; la réaction alcaline s'affaiblit insensiblement et devient neutre ou très-légèrement acide ; en même temps, le jaune se ramollit, et coule avec le blanc lorsque l'on perce la coque d'un petit trou. Dans une dernière période, si le vitellus ne s'est pas rompu, sa surface prend une couleur jaune-citron ; ses éléments se désagrégent et troublent le blanc ; alors l'odeur putride est très-marquée, et déjà on peut reconnaître la présence du gaz sulfhydrique, dont la proportion augmente rapidement. La putréfaction, favorisée par le mélange d'une partie des éléments du jaune avec le blanc, arrive bientôt à son dernier degré : l'albumine se trouble de plus en plus ; le vitellus redevient plus dense, plus ferme, et change de nouveau de couleur. On a comme un noyau opaque et noir au milieu d'un fluide de couleur livide, dans lequel nagent des débris jaunes, verts, noirs. A cet état, l'œuf est complétement opaque ; la coque a une teinte grise, et les gaz de l'intérieur, sortant par tous ses pores, annoncent par leur odeur putride le degré d'infection de l'œuf. La tension de ces gaz est considérable ; elle fait suinter souvent un liquide spumeux et puant. Il arrive même que la coque se brise avec éclat, et que les matières en putréfaction sont projetées dans toutes les directions.

---

(1) *Comptes rendus*, t. LVI, p. 734.

Tel est l'ensemble des phénomènes qui se succèdent dans la putréfaction d'un œuf non agité. Dans un œuf qui a été agité, pour en mélanger le blanc et le jaune, la putréfaction est généralement plus rapide.

3. L'état d'un œuf qui pourrit à l'abri de l'air, ou dans un air confiné, a beaucoup de ressemblance avec celui que nous venons de décrire. L'odeur seule est très-différente : dans les œufs pourris à l'air, ce qui domine est l'odeur de l'hydrogène sulfuré; dans les œufs pourris sans air, on sent un mélange confus de ce gaz, de sulfhydrate d'ammoniaque, de phosphure d'hydrogène, d'ammoniaques composées, dont l'ensemble a une odeur des plus repoussantes. Cette différence paraît liée à la différence des réactions sur le papier de tournesol : dans le premier cas, la réaction devient légèrement acide au bout de quelque temps ; dans le second, elle est toujours alcaline.

4. Les produits qui se forment pendant la putréfaction des œufs sont de deux sortes : les gaz qui s'échappent par les pores de la coquille, les éléments qui restent à l'intérieur.

Voici quelques analyses de gaz :

1° *Gaz extrait d'un œuf d'Autruche en pleine putréfaction. Volume recueilli,* 150 *centim. cubes.*

HS	traces
CO^2	30,5 pour 100.
H	40,2
Az	29,3
	100,0

2° *Œuf de Poule mis à l'étuve dans une éprouvette pleine de mercure. Première prise après deux mois ; volume recueilli,* 51 *centim. cubes.*

		En centièmes.
HS	traces	»
CO^2	26,5	52
H	20,4	40
Az	4,1	8
	51,0	100

Deuxième prise, deux mois et demi après la première.
Volume recueilli, 18 *centim. cub.*

		En centièmes.
HS	traces	»
CO^2	10,6	59
H	7,0	39
Az	0,4	2
	18,0	100

Ces quelques exemples, qu'il est inutile de multiplier, montrent que l'oxygène disparaît, et qu'il se forme une quantité considérable d'acide carbonique et d'hydrogène ; l'acide sulfhydrique est peu abondant, mais sa présence est nettement accusée par son odeur et la coloration noire que donne le papier à acétate de plomb ; quant à l'azote, il était abondant dans l'œuf d'Autruche, sans doute parce que la putréfaction s'y était déclarée quand la chambre à air était grande ; mais il était en bien plus faible proportion dans les œufs de Poule.

5. Parmi les produits de la putréfaction qui restent à l'intérieur de l'œuf, il faut citer quelques produits alcooliques en très-petite quantité, des traces d'acide butyrique, de l'ammoniaque, de la triméthylamine, un peu de leucine et de tyrosine. La cholestérine du jaune cristallise quelquefois ; le sucre disparaît, mais la proportion de matières grasses ne paraît pas varier sensiblement.

En résumé, les produits de la putréfaction dans les œufs sont de même nature que ceux qu'on obtient dans la putréfaction des matières protéiques en général.

6. *Présence constante de vibrioniens dans les œufs pourris.* — Prenons un œuf qui commence à pourrir, et dont la coque est parfaitement saine et continue ; ajoutons un peu d'eau à une goutte du blanc, et examinons au microscope : nous y verrons une multitude de bâtonnets organisés, de bactéries agiles. L'addition d'eau a l'avantage de diminuer l'indice de réfraction de l'albumine et de rendre ainsi les organismes plus visibles.

On retrouve les mêmes bactéries sur les plages verdâtres de la membrane de la coque ; pour les observer, il suffit de passer une baguette humide sur la membrane et d'examiner au microscope la goutte d'eau de lavage. Un grossissement de 400 à 500 diamètres convient très-bien.

Lorsqu'on ne veut que constater la présence des protorganismes, sans explorer les diverses régions de l'œuf, il est commode de faire un vide partiel par dessus la coque; les gaz de l'intérieur, en se dilatant, chassent devant eux un liquide spumeux qui suinte par tous les pores, et qui contient de nombreuses bactéries. Ce procédé est souvent précieux, car il éloigne de l'opérateur l'odeur si désagréable qui s'exhale d'un œuf pourri qu'on brise pour l'ouvrir.

L'observation des organismes qui nagent dans la masse interne est plus difficile. En effet, quand la putréfaction est avancée, ou quand l'œuf a été secoué pour mélanger le blanc et le jaune, ils disparaissent au milieu des granulations de toutes sortes, des gouttelettes huileuses, des cristaux répandus dans la préparation. On se débarrasse en grande partie de ces corps étrangers en ajoutant une goutte d'une dissolution étendue de potasse qui nettoie le champ, et augmente singulièrement la visibilité des êtres microscopiques que l'on recherche. Il est vrai que leur mouvement propre est détruit; mais, quand une observation avec la potasse a permis de les voir, de les mesurer, il devient beaucoup plus facile de les retrouver dans une préparation faite avec l'eau seule; on peut alors très-bien constater leur immobilité ou la nature de leurs mouvements. L'acide acétique est souvent d'un emploi commode pour le même but.

7. Au début de la putréfaction, les organismes qu'on observe sont de petits bâtonnets de forme cylindrique, isolés ou par couples, plus rarement en chapelets, dont la teinte homogène et pâle, les contours peu accentués, prouvent une grande jeunesse. Ce fait est confirmé par l'examen attentif des articles doubles, dans lesquels on distingue tantôt un léger étranglement, tantôt une division plus profonde, presque la séparation des deux êtres nouveaux; les articles plus âgés ont une teinte jaunâtre et des contours accentués, fortement réfringents, noirs, qui ne permettent pas de les confondre avec les jeunes dont je viens de parler.

Ces jeunes organismes ont besoin d'air pour vivre, ce qui résulte de la place même qu'ils occupent de préférence dans l'œuf en voie de putréfaction, c'est-à-dire entre la coque et la membrane, et sur les parois de la chambre à air. C'est aussi ce que j'ai pu vérifier maintes fois, avec une netteté vraiment remarquable, dans les préparations où je les observais. Dès qu'on a déposé la lamelle sur la goutte de liquide, on les voit se mouvoir dans tous les sens avec une incroyable rapidité ; puis leur mouvement se ralentit, cesse, et les bâtonnets se tassent, se juxtaposent en séries parallèles. Cela se passe au milieu de la préparation, loin des bords de la lamelle ; sur les bords au contraire, ou mieux encore dans le voisinage des bulles d'air, lorsqu'il s'en trouve dans la préparation, on constate que le mouvement continue avec toute l'agilité primitive. Les premiers organismes conservent leur mouvement jusqu'à ce qu'ils aient absorbé tout l'air dissous dans le liquide : les derniers ne le perdent pas, parce qu'ils ont à chaque instant tout l'air qui leur est nécessaire. L'explication précédente est si vraie, comme l'a indiqué depuis longtemps M. Pasteur, que, lorsqu'on soulève la lamelle pour permettre la dissolution dans le liquide d'une nouvelle quantité d'air, les bâtonnets, momentanément paralysés, reprennent toute leur agilité, pour la reperdre encore, si on les emprisonne de nouveau en laissant retomber la petite lame de verre.

8. Les bâtonnets dont je parle sont droits, inflexibles ; ils décrivent tantôt des lignes droites, tantôt de grands arcs de courbe ; ou bien ils vont, viennent, courent dans tous les sens, et changent brusquement de direction ; quelquefois ils s'arrêtent, et semblent hésiter à se mettre en mouvement, oscillent un peu sur eux-mêmes, puis partent avec la rapidité d'un trait ; s'ils rencontrent un obstacle, un globule gras, un débris amorphe très-ténu, ils le heurtent ou le culbutent, souvent sans modifier leur marche : on en voit qui se fixent à de fines granulations, et les entraînent dans tous leurs mouvements ; d'autres tournent autour de ces corpuscules étrangers, se précipitent dessus, puis reculent, et s'y précipitent de nouveau comme sur une proie. Tous ces mouvements vacillants, non ondulatoires, avec la rigi-

dité des individus, caractérisent les *Bactéries* (Dujardin). Ce sont donc des bactéries qui se montrent tout d'abord dans la putréfaction des œufs.

9. J'en ai observé deux formes qui paraissent distinctes :

La première et la plus commune, dont la longueur varie de 2 à 4 millièmes de millimètre et la largeur de 3 à 5 dix-millièmes de millimètre, caractérise le *Bacterium termo* (fig. 1).

La seconde forme est beaucoup plus petite que la précédente ; sa longueur atteint à peine 1 μ et sa largeur 0,2 μ (fig. 2). Les articles sont tellement petits, que s'ils n'étaient nombreux et animés d'un mouvement très-rapide, on pourrait très-bien, ou ne pas les remarquer, ou les confondre avec des ponctuations amorphes. On pourrait admettre que ces bactéries sont des articles de *B. termo* très-courts, qui, vivant péniblement, se développent moins et se divisent plus tôt ; mais comme ils ont un aspect de grande jeunesse, qu'ils ont des mouvements très-rapides, je crois qu'on peut les considérer comme une espèce différente de la première.

10. Les bactéries, ayant besoin d'oxygène pour vivre, sont plus abondantes dans les parties de l'œuf les plus voisines de l'air. Voici, par exemple, un tableau qui donne comparativement le nombre des organismes observés par champ dans une goutte d'eau de lavage de la membrane, et dans une goutte de blanc étendu de moitié avec de l'eau :

Numéros.	Sur la membrane.	Dans le blanc.
1.	400	10
2.	1000	5
3.	200	20
4.	600	6

La proportion des bactéries mobiles est aussi plus grande sur les membranes que dans la masse intérieure.

Les mêmes bactéries apparaissent toutes les fois que l'air a un libre accès : ainsi on les observe toujours dans du blanc d'œuf qu'on abandonne à la putréfaction spontanée dans un vase ouvert, ou encore, dans les œufs fendus qui pourrissent, immédiatement au-dessous de la fente.

11. A mesure que la putréfaction de l'œuf avance, on remarque que de nouveaux organismes se montrent à l'intérieur; au milieu des bactéries précédentes, on voit des bâtonnets plus larges et plus longs, dont la longueur varie de 2 à 8 μ et la largeur de 0,8 à 1 μ (fig. 5).

Tandis que les bactéries ont une teinte uniforme, ceux-là présentent quelquefois de fines granulations; au lieu de courir d'un mouvement rapide, ils s'avancent lentement en s'infléchissant et en décrivant des courbes flexueuses; il en est qui sont articulés, et l'on voit quelquefois les articles osciller vivement l'un et l'autre autour de leur point de jonction, comme s'ils faisaient des efforts pour rompre le lien qui les unit.

A ces caractères, on reconnaît des *Vibrions* (Dujardin). Ils partagent avec le vibrion butyrique de M. Pasteur, et avec ceux qui sont corrélatifs de la putréfaction ordinaire, la propriété singulière de vivre sans oxygène libre, et d'être tués, ou tout au moins frappés d'immobilité, lorsqu'on les expose pendant quelque temps à l'action de ce gaz. En effet, leurs mouvements ondulatoires ne sont pas visibles lorsqu'on fait l'observation aussitôt après le dépôt de la lamelle sur la goutte; ce n'est qu'un peu plus tard, lorsque l'oxygène de l'air dissous dans le liquide est absorbé, qu'on voit ces bâtonnets, jusque-là immobiles, s'ébranler, osciller faiblement, puis, après quelques moments d'hésitation, partir doucement pour continuer à se mouvoir aussi longtemps qu'on ne les paralyse pas par l'accès d'une nouvelle quantité d'air.

12. Dans un œuf pourri depuis longtemps, on ne trouve plus guère que des vibrions à l'intérieur, comme si les bactéries en avaient été chassées soit par la présence de ces nouveaux êtres, soit par l'absence de gaz oxygène dissous; mais dans cette dernière période, les vibrions deviennent difficiles à observer. Si l'on n'a pas une grande habitude de ces observations, on pourra ne rien voir d'organisé, et, par suite, être tenté de nier la présence d'êtres microscopiques.

La difficulté de l'observation tient précisément au nouvel aspect des vibrions : ce ne sont plus des bâtonnets à contours nets, parallèles, à plasma homogène ou finement granuleux ; ils sont devenus ovales, et leur plasma s'est presque tout entier concentré en un point, brillant ou sombre suivant la position de l'objectif; autour de ce point, on ne voit plus qu'une sorte d'auréole elliptique très-effacée, dont il occupe le centre ou l'un des sommets; souvent même l'auréole disparaît complétement, et il ne reste que le point brillant (fig. 6). Dans ces circonstances, il importe de nettoyer le champ avec de la potasse ou de l'acide acétique.

13. Des vibrions, nettement caractérisés, se trouvent encore dans des œufs d'autruche qui s'altèrent naturellement, et dans des œufs de poule qu'on fait pourrir dans un air confiné, ou mieux dans le vide ou dans l'acide carbonique; en d'autres termes, toutes les fois que l'oxygène de l'air se trouve éloigné à un moment donné des matières en putréfaction.

14. On trouve aussi accidentellement quelques organismes différents des bactéries et des vibrions dont je viens de parler : j'ai vu, par exemple, des bactéries en fils très-longs, très-grêles, des chapelets d'articles ou de grains extrêmement petits (fig. 3 et 4); mais je ne les cite que pour montrer la variété des êtres microscopiques qui peuvent, dans certaines circonstances, se développer dans les œufs altérés.

15. Les œufs qui ne s'altèrent pas perdent de l'eau par évaporation et par combustion lente; ils *vieillissent*, mais jamais n'apparaît le moindre organisme, ni dans leur masse, ni dans la chambre à air, ni sur les surfaces intérieure ou extérieure des membranes.

16. Il résulte des faits précédents, contrairement aux observations antérieures de M. Donné, que :

La putréfaction dans les œufs, en présence ou en l'absence de l'air, est corrélative du développement et de la multiplication d'êtres microscopiques de la famille des Vibrioniens.

Dès lors, la grande loi de corrélation établie par M. Pasteur pour toutes les fermentations proprement dites reprend sa généralité; l'exception signalée par M. Donné n'existe réellement point.

17. Il se dégage aussi un autre fait important : les vibrions

sont les véritables agents de la putréfaction ; les bactéries, qui se développent dans certains cas au contact de l'air, modifient seulement et peut-être simplifient les produits des réactions chimiques dues aux vibrions.

18. Puisque la putréfaction dans les œufs est corrélative de la vie d'êtres organisés microscopiques, et qu'elle ne peut avoir pour cause unique l'action réciproque des éléments mélangés, on doit trouver des œufs pourris, aussi bien parmi les œufs non agités que parmi les œufs brouillés par l'agitation, et tous les œufs brouillés ne doivent pas être nécessairement le siége de la putréfaction. C'est en effet ce qui résulte d'un grand nombre d'expériences comparatives dont je résume ici les principales. Le nombre des œufs pourris est rapporté à cent œufs mis en expérience :

Numéros.	Œufs agités pourris.	Œufs non agités pourris.
1.	33 p. 100.	33 p. 100.
2.	33	0
3.	75	42
4.	14	37
5.	60	75
6.	100	8
7.	0	25
8.	100	33
Totaux.....	415	253
Moyennes.....	52	32

On voit que la moyenne des œufs pourris est plus grande quand le blanc et le jaune sont mélangés, mais qu'en variant les expériences, elle peut prendre toutes les valeurs depuis 0 jusqu'à 100. Ces résultats sont contraires à ceux qu'avait obtenus M. Donné.

19. Les matières de l'œuf sont très-aptes, physiologiquement, à entretenir la vie ; elles sont presque organisées : aussi le fait de leur inaltérabilité, dans des conditions où les protorganismes apparaissent et vivent d'ordinaire, a-t-il une grande importance au point de vue de l'hétérogénie. Pour confirmer ce fait, j'ai répété avec le mélange du blanc et du jaune, et avec le blanc seul, les expériences que M. Pasteur avait faites, dès 1863, avec

le sang et l'urine; j'ai préparé des vases dans lesquels j'ai fait passer les liquides précédents à l'état même où ils étaient dans l'œuf, et je les conserve au libre contact de l'air pur, à la température d'une étuve, sans qu'il se produise la moindre altération, sans qu'il se forme spontanément le plus petit organisme microscopique. Cet état de conservation se maintient indéfiniment.

20. Les œufs d'autruche, les œufs de dinde, de cane, de pigeon, pourrissent comme les œufs de poule, en donnant toujours lieu à des vibrions et à des bactéries; le nombre des œufs pourris est extrêmement variable.

Les remarques précédentes s'appliquent aux embryons de poulet qu'on fait périr dans leurs coques avant l'éclosion, et qu'on abandonne ensuite à une température de 25 à 30 degrés. Une partie seulement de ces embryons est le siége d'une putréfaction repoussante, avec développement de nombreux organismes. Les autres ne restent point intacts, mais ils subissent une altération spéciale, qui rappelle la *macération* des enfants morts dans le sein de la mère pendant les premiers mois de la grossesse, et qui diffère absolument de la putréfaction par l'odeur et par l'aspect. Dans les embryons macérés, aussi bien que dans les fœtus macérés, on ne trouve pas trace d'organismes microscopiques. L'odeur est fade et pénétrante; la couleur est rouge brun ; les tissus sont injectés d'une sérosité sanguinolente ; l'épiderme se détache facilement ; la flaccidité du cadavre est considérable.

21. *Les moisissures ne sont pas les agents de la putréfaction dans les œufs.* — Certains auteurs, parmi lesquels M. Panceri (1) et M. Bois (2), ont pensé que la putréfaction des œufs était déterminée par des organismes de la nature des moisissures. On trouve en effet quelquefois des Cryptogames dans des œufs ; mais, outre que ces œufs ne sont pas toujours pourris, dans tous

---

(1) P. Panceri, *De la coloration de l'albumine d'un œuf de Poule et des Cryptogames qui croissent dans les œufs* (*Atti della Società italiana di scienze naturali*, Milan, 1860, t. II).

(2) Bois, *Compt. rend. de l'Académie des sciences*, 1873, t. LXXVI, p. 506.

ceux qui présentent cette altération, on observe des vibrions et des bactéries au milieu des moisissures. D'après ce que j'ai démontré, il n'est pas douteux que, dans ces derniers, la putréfaction ne soit le fait des vibrions et non des moisissures. Les deux altérations sont simplement simultanées.

22. L'altération produite dans les œufs par les moisissures diffère d'ailleurs absolument de la putréfaction. Partout où le mycélium se développe, il s'entoure d'albumine, et la transforme en une gelée incolore très-mobile. Sur les parois internes de la coquille, on voit d'abord des mamelons gélatineux de diamètre variable; puis les mamelons grandissent, se rejoignent, et forment bientôt une couche continue de 2 à 3 millimètres d'épaisseur. Plus tard le feutrage des tubes du mycélium se serre; la couche gélatineuse se durcit, et, l'air venant a manquer, la moisissure cesse de se développer ailleurs que dans la chambre à air où elle fructifie. Au bout de quelques semaines, à la température de 25 degrés, le vitellus, devenu plus jaune, se désagrége légèrement à la surface; la densité de la masse centrale augmente. La portion du blanc non transformée en gelée est plus fluide que dans un œuf sain et prend une couleur brun rougeâtre.

L'odeur devient quelquefois un peu aromatique.

Lorsque l'œuf reste longtemps dans la même position, le vitellus rompt ses chalazes, et vient s'appliquer sur la partie supérieure de la coquille. Il y contracte bientôt une forte adhérence, déterminée par le mycélium.

23. De nombreux observateurs ont vu des moisissures dans les œufs. Spring, M. Panceri, les ont spécialement étudiées soit au point de vue de leur développement, soit au point de vue de leur origine. Je donne plus loin le dessin de trois *Torula* et d'un *Aspergillus* que j'ai eu le plus souvent occasion de rencontrer. Quant à l'origine des moisissures des œufs, mes recherches confirment celles de M. Panceri, à savoir, que si, dans certains cas, il en est qui viennent du dehors en traversant la coque, il n'est pas douteux que, dans d'autres cas, des spores ont dû être enveloppées dans l'œuf pendant sa formation, et qu'elles ont attendu là les conditions favorables à leur germination.

24. *Les germes d'organismes contenus dans les œufs viennent de l'oviducte de la poule.* — Le développement de bactéries et de vibrions à l'intérieur des œufs qui pourrissent ne s'explique par aucune des théories qui veulent que les liquides organiques, avec le concours de l'air et d'une température convenable, puissent se transformer, s'organiser en éléments figurés. On ne comprendrait pas, en effet, que cette puissance, mise en jeu dans certaines circonstances, restât stérile dans des circonstances toutes semblables, avec des éléments de même nature. Or nous savons que, dans les mêmes conditions, l'altération des œufs est extrêmement variable, et que la proportion des œufs pourris prend les valeurs les plus différentes.

Tous ces résultats s'expliquent au contraire aisément, si l'on admet que les organismes qui engendrent la putréfaction, ou leurs germes, existent dans les œufs avant toute altération. Leur origine est alors extérieure, et dans ce cas ils ont pu traverser la coque après la ponte, ou être recueillis dans l'oviducte pendant la formation successive de l'albumine et des membranes.

25. La coquille des œufs est percée d'une multitude de pores, par où passent quelquefois des filaments de moisissures; il semble donc que des organismes plus petits puissent aussi la traverser facilement; et, comme les poussières qui tombent sans cesse à la surface d'un œuf contiennent de nombreux germes de bactéries et de vibrions, on pourrait croire que ces germes entrent dans l'œuf à un moment donné, qu'ils s'y développent et déterminent corrélativement la putréfaction. Il n'en est rien : l'expérience montre que les organismes dont il s'agit ne pénètrent par les pores que s'ils sont poussés avec force, par exemple par une différence de pression de l'extérieur vers l'intérieur; lorsqu'ils sont immobiles, ils résistent quelquefois à cet entraînement. Des œufs placés pendant plusieurs jours dans un liquide putride rempli de bactéries ne se sont point gâtés.

Si maintenant on considère que, sur des œufs naturels, il n'existe que des organismes desséchés, toujours immobiles et souvent morts, on voit qu'en abandonnant ces œufs à eux-mêmes, leurs coquilles ne seront point en général traversées par des germes d'altération.

26. Les considérations suivantes prouvent au contraire que les organismes qui nous occupent ont été recueillis dans l'oviducte.

Un certain nombre de faits bien démontrés établissent d'abord que l'œuf pendant sa formation est apte à englober les corps solides qu'il rencontre à la surface de l'oviducte. Ainsi, dans un grand nombre d'œufs, j'ai observé des cellules albuminipares, détachées du canal vecteur, en pleine dégénérescence graisseuse. Divers auteurs ont vu dans le blanc des débris de hanneton, des entozoaires, des infusoires ciliés ; d'autres ont trouvé des épingles. des pierres, des graines. J'ai moi-même rencontré dans un œuf, entre la coque et la membrane, une plage de 2 centimètres environ de diamètre, couverte d'une couche épaisse de levûre alcoolique vieillie (fig. 7). Cette observation augmente d'intérêt, si l'on remarque que l'œuf avait été pondu par une poule qui se nourrissait de résidus de brasserie.

27. L'ensemble de ces faits prouve en outre que des corps étrangers, doués de mouvement comme des vers, ou inertes comme des pierres, peuvent remonter dans certains cas, depuis le cloaque jusqu'à une grande distance dans le canal de l'oviducte.

28. Il existe des organismes microscopiques sur le cloaque des poules, et l'examen direct de l'oviducte montre qu'ils peuvent aussi remonter dans ce canal.

a. *Examen d'une poule qui n'a jamais pondu.* — Avec une baguette et une goutte d'eau distillée, je lave un point de la surface du cloaque, et j'examine la goutte au microscope. Dans la préparation, je trouve au milieu de cellules pavimenteuses, dont quelques-unes sont réduites à leurs noyaux, environ vingt bâtonnets par champ ; ces bâtonnets sont immobiles, mais ils s'infléchissent quand ils sont entraînés par les mouvements du liquide ; leur longueur est de 4 à 5 millièmes de millimètre. Sur la surface du canal vecteur je n'observe point d'organismes.

b. *Examen d'une poule qui a pondu trois œufs.* — Surface du cloaque : cellules allongées, à noyaux très-visibles ; organismes variés et nombreux ; chapelets de grains ; bâtonnets articulés ; filaments longs et étroits, articulés, dont la longueur dépasse 1 dixième de millimètre (fig. 8). — Surface de l'oviducte, à 2 centimètres du cloaque : cellules à cils vibratiles ; cils détachés ; organismes de même forme que ceux du cloaque, mais moins nombreux. — A la base de la région où se forme la coque : cils détachés nombreux ; organismes semblables à ceux du cloaque, sauf les longs filaments, environ un par champ. — Au-dessus de ce point, je n'ai pas vu d'organismes.

c. *Poule qui a pondu un grand nombre d'œufs.* — Même résultat qu'avec la précédente ; seulement les organismes du cloaque sont plus variés. On observe en effet : 1° des bâtonnets très-courts et très-fins, rappelant le *B. termo,* immobiles ; 2° des bâtonnets analogues aux vibrions jeunes de la fermentation butyrique, avec de fines granulations, mais immobiles ; 3° de longs filaments immobiles ; 4° des *Spirillum* tournant lentement sur place ; 5° une *Amibe* dont la forme change à chaque instant ; 6° des sortes de spores vieilles, granuleuses, à double contour fortement accentué (fig. 9). Les organismes qui ont remonté dans le canal vecteur sont surtout de longs filaments.

d. *Autre poule pondeuse.* — Sur le cloaque, peu d'organismes, mais quelques cristaux en plaques rhomboïdales, rappelant certaines formes de l'acide urique. — Sur la surface de l'oviducte, organismes rares. — A 10 centimètres environ du cloaque, je trouve une grosse spore oblongue munie d'un appendice, et séparée par trois cloisons transversales en quatre loges à vacuoles ; la longueur totale de la spore est de 4 centièmes de millimètre, et sa plus grande largeur de 16 millièmes de millimètre (fig. 10). Cette spore ressemblant beaucoup à celles que produisent certaines moisissures parasites du blé, telles que le *Puccinia Graminis*, je tamise le grain, mélange d'avoine et de blé altéré, qui sert de nourriture à mes poules, et j'observe dans les poussières ainsi obtenues une grande quantité de spores, parmi lesquelles celles du *Puccinia Graminis*, et d'autres tout à fait semblables à la précédente : ainsi s'explique l'origine de cette grosse spore. Sur la surface de la muqueuse où est sécrétée la coque, j'ai vu trois spores allongées, fusiformes, un peu verdâtres, de 6 à 8 μ de longueur et de 3 μ environ de largeur, plus un long filament à contours bien parallèles, de 20 μ au moins de longueur, et qui se distingue très-nettement des cils vibratiles détachés, avec lesquels de plus petits organismes pourraient aisément se confondre.

29. Dans toutes ces observations, je me suis attaché à ne considérer comme de véritables organismes que les articles ou filaments qui se distinguaient des cils vibratiles isolés, soit par leur forme, soit par leur longueur ou le parallélisme de leurs contours. A mesure qu'on pénètre plus avant dans l'oviducte, l'observation devient en effet de plus en plus difficile, parce que les organismes sont plus rares, plus courts, plus pâles que dans les régions inférieures; ils sont par conséquent plus semblables aux cils vibratiles.

30. Si l'on tient compte de cette difficulté, et si l'on remarque d'ailleurs que des organismes nets, filaments, bâtonnets ou spores de moisissures, remontent dans quelques cas jusque dans la région de l'oviducte où se forme la coquille, il est vraisemblable que les germes de ces organismes, ou de petits organismes, peuvent s'élever beaucoup plus haut, jusque dans les points où se forme la membrane coquillière, et même l'albumine, bien que l'observation microscopique soit généralement impuissante à les y montrer. Il en résulte que l'œuf, pendant la formation de ces divers éléments, peut recueillir ou non, suivant les circonstances, des organismes ou leurs germes, et porter en lui, par conséquent, dès qu'il est pondu, la cause d'altérations ultérieures.

On voit en même temps que le nombre des œufs susceptibles de s'altérer varie d'une poule à l'autre, ainsi que dans une même poule, puisque les organismes qu'on observe dans l'oviducte s'élèvent à des hauteurs variables.

31. Ces considérations suffisent pour établir que les œufs qui se gâtent ont pris leurs germes d'altération dans l'oviducte de la poule; j'ajouterai l'expérience suivante, qui a le caractère et la force d'une démonstration :

A l'aide d'une petite seringue de Pravaz, j'ai fait une série d'injections d'un liquide contenant des bactéries mobiles et immobiles dans l'oviducte d'une poule que j'avais séparée du coq. Pendant la période des injections, la poule a pondu six œufs; dans la période suivante, elle en a pondu six autres. Tous ces œufs ont été exposés à la chaleur de l'été, et ouverts au bout d'un mois et demi. Des premiers, quatre se sont gâtés, tandis qu'un seul des derniers a été trouvé pourri; les autres étaient sains et sans organismes. Comme on le voit, la présence des bactéries injectées a eu pour effet d'augmenter la proportion des œufs pourris.

32. Les organismes du cloaque étant d'ordinaire immobiles, et la muqueuse de l'oviducte dans un état de santé normale, il est difficile d'expliquer autrement que par un entraînement mécanique la progression de ces petits êtres, et surtout des corps étrangers de volume plus considérable, que l'on a observés dans le canal vecteur.

Cet entraînement se conçoit d'ailleurs de la façon suivante : Dans l'accouplement, l'utérus de la poule s'évagine en partie et sort béant du cloaque. C'est là que le coq applique rapidement le tubercule qui remplit chez ces animaux la fonction du pénis des quadrupèdes, et dépose sa liqueur séminale; la copulation ne dure qu'un instant. Aussitôt l'utérus rentre et reprend sa position naturelle. Dans cette opération, les parois de l'utérus ont nécessairement touché en quelques points la surface du cloaque; de plus, elles ont léché la surface du tubercule et du cloaque du mâle, sur lequel existent aussi de nombreux organismes (fig. 11); de sorte que, en revenant sur lui-même, l'utérus enferme dans la partie inférieure de l'oviducte, en même temps que la semence du coq, une certaine quantité de spores ou d'infusoires. Après l'accouplement, les spermatozoïdes remontent le long de l'oviducte, qu'ils parcourent dans toute son étendue, puisque la fécondation s'opère dans l'ovaire. On ignore quelle est au juste la cause de ce mouvement; mais, quelle qu'elle soit, la même force qui pousse ou appelle les spermatozoïdes, doit vraisemblablement entraîner avec eux tous les corps étrangers qui ont à peu près les mêmes dimensions.

33. L'explication précédente rend compte également d'une particularité déjà remarquée par d'autres observateurs et que j'ai moi-même vérifiée. Les œufs non fécondés s'altèrent d'eux-mêmes beaucoup plus rarement que les œufs fécondés ; en d'autres termes, au moment de la ponte, ils renferment dans leur coque moins de germes d'altération que les derniers ; il faut donc qu'ils en aient rencontré moins sur la surface de l'oviducte. Cela se comprend, puisque les organismes ne progressent pas seuls, et que, d'autre part, par l'absence d'accouplement, rien ne détermine le mouvement antipéristaltique dont nous avons parlé ; il est nécessairement très-rare qu'ils sortent du cloaque, et, dans tous les cas, ils doivent s'avancer peu dans l'oviducte.

34. En résumé, la putréfaction des œufs est déterminée par le développement de petits infusoires, dont les germes ont été recueillis à la surface de l'oviducte de la poule pendant la formation des couches qui se déposent successivement sur le vitellus.

La vie de ces infusoires a donc pour effet de contribuer puissamment à la destruction des matières contenues dans les œufs d'oiseaux. Dans ce cas, comme dans tous les autres, ils aident à restituer au monde inorganique les éléments du monde organisé.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 7.

Fig. 1. *Bacterium termo* se développant dans les œufs pourris au voisinage de l'air. $d = 2$ à $4\ \mu$; $l = 0{,}3$ à $0{,}5\ \mu$. — Gross. 450/1.

Fig. 2. Bactéries très-petites se développant aussi dans les œufs pourris au voisinage de l'air, et observées particulièrement dans des œufs de dinde. $d = 1\ \mu$; $l = 0{,}2\ \mu$. — Gross. 450/1.

Fig. 3. Organismes très-ténus de longueur variable, observés dans des œufs pourris.

Fig. 4. *a*, chapelets de grains ; *b*, chapelets d'articles étranglés. Ces organismes ont été observés dans des œufs pourris.

Fig. 5. Vibrions de la putréfaction loin de l'oxygène de l'air. $d = 2$ à $8\ \mu$; $l = 0{,}8$ à $1\ \mu$.

Fig. 6. Vibrions plus âgés avec points brillants.

Fig. 7. Levûre alcoolique trouvée dans un œuf de poule.

Fig. 8. Organismes observés sur le cloaque d'une poule pondeuse.

Fig. 9. Organismes observés sur le cloaque d'une seconde poule pondeuse : *a*, articles analogues au *B. termo ;* *b*, longs articles flexueux ressemblant aux vibrions ; *c*, longs filaments ; *d*, *spirillum ;* *e*, amibe ; *f*, vieilles spores de moisissures.

Fig. 10. *a* et *b*, spores de moisissures trouvées à l'intérieur de l'oviducte d'une poule; *c*, long article de 20 μ de longueur trouvé à côté des spores *b*.

Fig. 11. Organismes observés sur le cloaque d'un coq.

Fig. 12. Chapelets de spores très-fines. *Torula* sans mycélium. $d = 0,7$ μ. — Gross. 450/1.

Fig. 13. *Torula* à spores oblongues. $d = 2$ à 3 μ; $d' = 3$ à 4 μ. Elles sont incolores et disposées en chapelets à l'extrémité d'un petit pédoncule renflé qui s'insère directement sur le mycélium.

Fig. 14. *Torula* à grosses spores en chapelets, supportées par un pédoncule renflé. Chaque spore a la forme générale d'une sphère et s'imbrique sur la précédente à l'aide d'une sorte de petit onglet. Le diamètre va en diminuant de la base à l'extrémité de chaque chapelet; il varie de 4 à 6 μ; moisissure de couleur violette.

Fig. 15. *Aspergillus* à spores rondes, très-petites, de 1 μ de diamètre; mycélium très-grêle de 1 à 1,5 μ de diamètre.

Fig. 16. Tubes de mycélium végétant péniblement dans le blanc d'œuf.

RECHERCHES

SUR LES

VÉGÉTAUX SILICIFIÉS D'AUTUN ET DE SAINT-ÉTIENNE

ÉTUDE DU GENRE *BOTRYOPTERIS*

Par M. B. RENAULT.

La connaissance des organes de fructifications des Fougères est indispensable pour l'établissement d'une bonne classification ; mais c'est surtout à l'état fossile que le besoin s'en fait sentir, car, les éléments de comparaison que le botaniste possède sont des plus restreints, dans le plus grand nombre de cas. En effet, le nombre des frondes fructifères que l'on rencontre à l'état d'empreinte, quoique assez considérable, ne fournit que rarement des échantillons irréprochables ; le plus fréquemment les sores ont été plus ou moins déplacés ou déformés par la compression, de façon à rendre très-difficile, sinon impossible, une détermination exacte des éléments qui les composent.

Ce n'est que dans des cas assez rares que l'on peut, comme dans les *Senftenbergia* de Corda, *Selenocarpus Sternbergii* de Schenk, *Clathropteris platyphylla*, etc., leur assigner une place certaine, d'après les empreintes laissées par les sores et les sporanges. Si les fructifications de Fougères bien conservées sont rares à l'état d'empreintes, il en est de même de celles que l'on trouve à l'état pétrifié.

Aussi, jusqu'à présent, on ne connaît qu'un seul genre de fructification silicifiée, et c'est le *Scolecopteris elegans* decrit par Zenker qui l'a présenté (*Linnæa*, 1837, p. 509). La conservation en était assez bonne pour que l'auteur ait pu déterminer exactement le nombre des capsules qui recouvraient la feuille, leur forme et leur mode de groupement.

Ce sont des capsules dressées, allongées, terminées en pointe, fixées sur un petit pédicelle portant des nervures latérales de la pinnule, au nombre de 4 ou 5 sur chaque pédicelle, dépourvues d'anneau élastique, et s'ouvrant par une fente longitudinale tournée du côté du centre du groupe formé par la réunion de ces capsules.

En examinant les figures 3 et 4 de Zenker (*loc. cit.*), qui représentent des coupes transversales passant par le milieu des rangées de capsules, et parallèles au limbe de la feuille, on y distingue quelques différences.

Dans la figure 3, en effet, chaque nervure latérale de la pinnule porte un seul groupe arrondi et isolé de capsules; dans la figure 4, au contraire, les nervures latérales portent plusieurs de ces groupes, serrés les uns contre les autres, et disposés non plus en cercle, mais en bandes perpendiculaires à la nervure médiane de la pinnule. L'auteur n'a pas donné de figures représentant une coupe perpendiculaire à la nervure médiane et au plan du limbe, comme il l'a fait pour le premier mode de groupement.

Je suis porté à croire, comme je le montrerai plus tard en faisant l'étude des fructifications silicifiées des Fougères d'Autun et de Saint-Étienne, que ces deux formes appartiennent à deux espèces, sinon à deux genres distincts.

On a rapproché ces fructifications, isolées de leur pétiole et de leur tige encore inconnus, de celles des Fougères qui forment la famille des Marattiées; toutefois la forme allongée des capsules libres, leur mode de déhiscence, leur groupement par 4 ou 5 sur un pédicelle commun, ne permettent pas de les ranger dans aucun des genres connus de cette famille; elles doivent donc constituer, comme Zenker l'a établi, un genre particulier. L'étude des fructifications de Fougères des gisements silicifiés d'Autun et de Saint-Étienne augmentera d'un certain nombre de genres nouveaux cette famille, qui a eu une si grande importance à l'époque houillère.

Dans ce mémoire, je ferai l'étude d'un genre de fructifications de Fougères trouvées dans les magmas silicifiés de Saint-Étienne et d'Autun, appartenant à un autre groupe que celui des Marattiées. J'ai pu retrouver les pétioles qui les ont portées et leur tige ; de sorte que, à part la forme des feuilles, qui reste hypothétique, on a une connaissance assez complète des différentes parties de cette plante.

Les débris qui ont servi à cette étude se composent de fructifications et d'un fragment de tige trouvés à Saint-Étienne, et de plusieurs pétioles provenant de ce dernier gisement et de celui d'Autun.

Ces différents organes épars ont été rapprochés à la suite de l'étude détaillée de leurs tissus respectifs, et, comme on le verra, il n'y a guère de doute sur leur solidarité.

Comme je viens de le dire, les fructifications, décrites dans ce mémoire n'étaient pas en rapport direct avec la tige que je regarde comme les ayant portées; mais, encore inclus dans cette tige, se trouvaient deux faisceaux vasculaires d'une forme particulière, celle d'un ω, qui appartenaient évidemment à deux pétioles prenant naissance sur la tige, dont ils ne s'étaient pas encore dégagés. Cette forme singulière de faisceau vasculaire se retrouvait dans plusieurs fragments de pétioles recueillis d'abord à Autun, et plus tard à Saint-Étienne, par M. Grand'Eury, qui les avait désignés sous le nom de *Rachiopteris forensis*.

On sait que si l'on fait des coupes transversales à différentes hauteurs sur un pétiole de Fougère, on peut constater dans les faisceaux vasculaires qui le parcourent des changements d'autant plus marqués, qu'à la base du pétiole, la figure offerte par la coupe des faisceaux vasculaires est plus compliquée. Ainsi dans le *Pteris aquilina*, le *Polypodium vulgare*, le *Polystichum aculeatum*, dans beaucoup de Cyathéacées, etc., la coupe des faisceaux vasculaires, d'abord assez complexe, se simplifie de plus en plus à mesure qu'elle est prise plus haut sur le pétiole ; de sorte qu'il y a des différences assez grandes entre celle de la base et celle du sommet, différences pourtant dont on peut se rendre compte si l'on rapproche les coupes intermédiaires.

Si l'on suit les variations des mêmes faisceaux vasculaires dans d'autres pétioles, où, dès l'origine, ils sont moins compliqués, tels que dans les *Scolopendrium*, les *Asplenium*, les *Todea*, *Osmunda*, etc., on voit que le faisceau vasculaire, de la base au sommet du rachis, n'éprouve que de légères modifications : dans un pétiole d'*Osmunda* par exemple, on pourra reconnaître la forme simple et lunulée du faisceau jusque dans le support d'une pinnule.

C'est précisément le cas de l'espèce de Fougère qui nous occupe. Dans la tige même et au sortir de la tige, la coupe du faisceau vasculaire est très-simple, et a dû se conserver sans variation sensible à une distance très-grande de la base, et même jusque dans les supports des pinnules, comme dans les *Osmunda* et les *Asplenium*.

Les fructifications découvertes à Saint-Étienne, ayant offert, au milieu de la masse des sporanges, des sections de rachis présentant des faisceaux vasculaires, avec la forme d'ω signalée dans les pétioles de la tige trouvée dans le même gisement, j'ai cru pouvoir rapprocher ces différentes parties, et admettre leur dépendance comme incontestable.

La nature des tissus qui accompagnent ces faisceaux vasculaires dans la tige et les fructifications, tissus à éléments fibreux prédominants dans les deux organes, donne encore plus de certitude à ce rapprochement.

Genre BOTRYOPTERIS.

Tiges, racines et pétioles.

Le fragment de tige noyé dans un magma siliceux, comme tous les autres débris organiques silicifiés recueillis à Saint-Étienne, n'avait guère plus d'un centimètre de longueur. Sa cassure oblique n'a pas permis d'obtenir une section transversale perpendiculaire à l'axe ; la coupe représentée planche 8, fig. 1, est donc inclinée par rapport à ce dernier.

Suivant son grand diamètre, la section naturelle est de 17 millimètres, et suivant le petit, $7^{\mathrm{mm}},5$ seulement.

Cette différence dans les deux diamètres perpendiculaires provient tout à la fois de l'obliquité de la coupe et de l'augmentation de volume résultant de la présence de deux pétioles, dont on voit les faisceaux vasculaires en *b b* entourés de tissu cellulaire, et qui vont se séparer de la tige.

La présence de nombreuses racines *d d*, qui se dirigent au dehors en traversant la tige presque horizontalement, prouve que le fragment étudié appartient à la partie inférieure de la plante.

Il est probable que, de même que chez les *Anachoropteris* et *Zygopteris* (1) dont la tige a été décrite précédemment, ces plantes ne s'élevaient pas beaucoup en hauteur; que leur port, avec de plus petites dimensions, si l'on en juge d'après les échantillons qui nous ont été conservés, était à peu près celui des Fougères herbacées vivantes, telles que les *Nephrodium Filix-mas*, ou mieux encore certains *Trichomanes*.

La partie centrale de la tige est occupée par un cylindre vasculaire *plein*, à section circulaire; il a été impossible d'y découvrir aucune trace de tissu cellulaire.

Dans la tige des *Anachoropteris* et des *Zygopteris*, la section du cylindre présente une étoile à 4 ou 5 rayons; la partie centrale du cylindre est occupée par de minces lames cellulaires qui s'avancent plus ou moins à l'intérieur des rayons vasculaires, tandis que dans les *Botryopteris* il n'y a aucune trace de ces lames cellulaires.

Dans les deux premiers genres, les éléments vasculaires qui sont en rapport avec ceux des pétioles et des racines sont groupés vers les extrémités des rayons du cylindre central, tandis que dans ce dernier ils en occupent toute la périphérie. En *d' d'*, fig. 1, on voit l'origine de deux faisceaux aboutissant, soit à des pétioles, soit plutôt à des racines.

Le nombre des pétioles entourant la tige des *Anachoropteris* et *Zygopteris* était bien plus grand que celui des *Botryopteris*. La coupe figurée en 1 n'en présente en effet que deux, *b b*, dans ce dernier genre, et ils sont beaucoup plus volumineux. La forme du faisceau vasculaire est caractéristique; son orientation, par rapport à l'axe de la tige, ne laisse aucun doute. La figure 3, représentant une coupe faite dans un pétiole déjà séparé de la tige, en donne une figure plus nette, et les faisceaux vasculaires se rendant aux rameaux secondaires devaient partir de chaque côté des extrémités latérales des deux branches de l'ω, où les éléments vasculaires deviennent plus fins et plus délicats.

---

(1) *Annales des sciences naturelles*, 5^{e} série, t. XII.

Quelquefois la partie centrale *a'* du faisceau est séparée de l'arc extérieur, comme le montre la figure 7; mais cette circonstance est purement accidentelle.

Aucun pétiole de Fougère déjà décrit ne peut se rapporter à ce genre; l'un des plus voisins, comme forme, est celui figuré par Corda sous le nom de *Calopteris dubia* (*Fossil Flora des Forwelt*); mais au centre de l'arc lunulé se trouvent deux faisceaux vasculaires *isolés*, au lieu d'un seul, comme dans la figure 7; et de plus, la gouttière qui accompagne le pétiole du *Calopteris dubia* indique une orientation inverse de celle du nôtre.

Le faisceau vasculaire de l'axe de la tige ainsi que le faisceau vasculaire des pétioles étaient entourés de tissu cellulaire le plus généralement détruit (fig. 1, 3 et 4, *f*).

Cependant les figures 7 et 8, qui représentent des coupes faites dans un pétiole découvert à Autun, montrent que ce tissu était composé de cellules rectangulaires à parois délicates, formant une gaîne continue autour du faisceau vasculaire, et non remplies de grains de fécule comme dans les genres précédemment décrits.

L'axe de la tige est constitué par des cellules allongées, à parois réticulées (fig. 4 et 5); le réseau, comme on peut le remarquer, n'offre aucune régularité, sauf peut-être vers le bord des fibres, où les lignes de séparation sont parallèles entre elles. A la périphérie, les cellules deviennent plus petites et souvent scalariformes; c'est à cette zone qu'aboutissent les faisceaux qui viennent soit des racines, soit des pétioles.

En dehors de la zone non conservée se trouve une couche cellulaire à éléments allongés, qui deviennent de plus en plus fibreux et étroits à mesure que l'on gagne la périphérie (fig. 6); cette région, qui peut être considérée comme formant l'écorce, est très-épaisse et caractéristique. Nulle part je n'ai vu d'épiderme, et cependant, en certains points, j'ai constaté la présence de poils cloisonnés (fig. 6 *bis*, *e*), à la base desquels se trouve un coussinet de cellules plus petites *e'*, peut-être une dépendance de l'épiderme détruit; en *e*, fig. 1, se voient différentes coupes transversales de ces poils.

Les racines *d*, *d*, fig. 1, traversaient horizontalement la tige avant de s'échapper au dehors; leur mauvaise conservation n'a pas permis une étude complète de leurs parties.

La nature des tissus formant les pétioles a pu être déterminée assez exactement.

La figure 7 en effet, qui est une portion de coupe transversale d'un pétiole provenant d'Autun, montre le faisceau vasculaire central en forme d'ω; la ligne médiane du faisceau s'est détachée accidentellement de l'arc extérieur. La figure 8, qui en est la coupe longitudinale, fait voir en *a* les fibres vasculaires avec leurs parois poreuses : cette particularité ferait supposer que les échantillons d'Autun pourraient bien appartenir à une espèce différente de celle trouvée à Saint-Étienne, dans laquelle les pétioles sont munis de fibres vasculaires réticulées ou rayées; je la désignerai par le nom de *Botryopteris augustodunensis*. Les figures 9 et 10, coupes d'un autre échantillon de la même localité, offrent la même particularité; mais les pores sont elliptiques.

En dehors du faisceau central vasculaire *a*, fig. 7 et 8, on trouve en *f* des cellules allongées et presque fibreuses, rappelant la gaîne des faisceaux vasculaires des pétioles de certaines Fougères.

Plus extérieurement, *f'* une zone de cellules petites, à parois minces et planes, traversée par des conduits gommeux *c'* assez nombreux, et qui se détachent en brun sur les préparations; ces conduits résultent de la superposition de cellules, comme dans les pétioles de *Zygopteris* et d'*Anachoropteris*; les parois horizontales peuvent disparaître et former un tube continu.

Enfin commence la couche corticale *c*, d'abord formée de cellules peu allongées, et traversée également dans cette partie par des conduits gommeux ; puis les éléments de l'écorce s'allongent de plus en plus, et deviennent fibreux *c''* dans cette région ; il n'y a plus de conduits gommeux.

Dans quelques échantillons (fig. 9), on reconnaît un épiderme formé d'un rang de cellules nettement limité *ep*, sans indice de poils.

En résumé, les caractères distinctifs de la tige et des pétioles sont, pour la tige :

1° Cylindre vasculaire central plein, à fibres réticulées, sans *lames* cellulaires, incluses. Les éléments les plus fins sont à l'extérieur du cylindre.

2° Une gaîne cellulaire délicate séparant le cylindre central de la partie extérieure ou corticale.

3° Une partie corticale fibreuse très-développée, limitée par un épiderme, rarement conservé et couvert de poils.

4° Les pétioles sont cylindriques, sans gouttière longitudinale, avec un faisceau vasculaire central en forme d'ω, composé de cellules réticulées, poreuses et rayées, entouré de deux zones distinctes ; l'une légèrement fibreuse, l'autre cellulaire, qui le séparent de la région corticale assez développée.

BOTRYOPTERIS FORENSIS.

Fructifications.

Les fructifications trouvées à Saint-Étienne forment une masse assez volumineuse, due à l'agglomération de capsules très-nombreuses serrées les unes contre les autres. Le fragment, qui contenait seulement une portion de ces fructifications, mesurait 4 à 5 centimètres de hauteur, 2 à 3 centimètres d'épaisseur et 3 à 4 centimètres de largeur ; les capsules ou sporanges, constituant cette masse par leur accolement, ont $1^{mm},5$ à 2 millimètres de longueur, et $0^{mm},7$ à 1 millimètre de largeur dans leur plus grand diamètre.

La figure 11, planche 10, ne représente qu'une très-minime portion de l'ensemble des capsules, traversé par des axes ou rachis de différents ordres, *u*,*u*′,*r*.

Sur les plus petits sont fixées par groupes de cinq ou six, et quelquefois plus, les capsules sporifères (fig. 12).

Comme les points d'insertion sur les subdivisions du rachis sont fréquents, que les ramifications sont nombreuses, les capsules sessiles, il en résulte pour l'ensemble une forme stipitée caractéristique.

Au milieu de la section d'un des rachis *u*, on aperçoit en *a* un faisceau vasculaire, dont la forme caractéristique a permis d'attribuer ces fructifications aux pétioles d'Autun et de Saint-Étienne, et par suite à la tige décrite précédemment.

En *u*′*u*″, même figure, on remarque également un rachis contigu plus petit, qui offre en *a* un faisceau vasculaire de forme analogue.

Autour de ces faisceaux existait une gaîne cellulaire *f* qui a disparu, et plus en dehors une zone cellulaire fibreuse épaisse, très-analogue à celle qui forme la partie corticale de la tige elle-même.

Les sporanges sont piriformes, parfois légèrement recourbés et aplatis par leur pression mutuelle, résultat de leur mode d'insertion (fig. 12, 13, 15 et 17) ; leur aspect général est celui des capsules de *Loxsoma Cunninghami* (fig. 16), mais avec des dimensions linéaires triples (fig. 15 et 16, pl. 10).

Leurs parois sont formées d'un seul rang de cellules polyédriques, à section rectangulaire *n* dans beaucoup de cas, mais qui, dans certaines régions du sporange, s'allongent en s'épaississant, et forment alors une large bande *oo* qui descend obliquement du sommet du sporange à sa base, comme cela résulte de l'examen attentif des coupes représentées figures 14, 15, 17, 13 et 18.

Cette bande n'est pas un anneau élastique proprement dit, mais bien plutôt une plaque analogue à celle des *Todea* ou *Osmunda*, toutefois plus développée et autrement disposée ; cette bande déterminait une déhiscence longitudinale dans le sporange, par une région *p* plus amincie de la paroi.

Chaque capsule est remplie d'un nombre considérable de spores, bien plus grand que celui que l'on rencontre dans les capsules de Fougères proprement dites ; par contre, les dimensions des spores sont bien plus faibles.

Les figures 20 *bis*, *b*, et 20, *tt'*, pl. 11, donnent avec le même grossissement, 230 diamètres, des spores de *Loxsoma* et des spores de *Botryopteris*, qu'il est facile de comparer ; les spores, représentées en *t t*, ne paraissent pas avoir subi de déformation, tandis que celles vues en *t'* ont leurs parois plus ou moins aplaties. Toutes sont vides à l'intérieur et lisses à leur surface.

BOTRYOPTERIS DUBIUS.

Fructifications d'Autun.

Un échantillon silicifié, que m'a remis M. Lacatte, savant collectionneur d'Autun, a présenté une réunion de capsules sporifères analogues, mais non identiques à celles décrites précédemment, et venant de Saint-Étienne.

Les différences seraient assez grandes pour nécessiter la formation d'un genre nouveau, si la conservation imparfaite de ces fructifications n'apportait pas quelques doutes dans la détermination de leurs caractères.

Ces fructifications se présentent en masse serrée et compacte comme celles provenant de Saint-Étienne ; mais les capsules qui en forment l'agglomération ne sont pas disposées par groupes sur les subdivisions du rachis ; elles sont terminales. Les ramules semblent se renfler à leur extrémité pour produire les sporanges (fig. 22), qui paraissent être ainsi plongés dans le tissu même de ces ramules.

Les sporanges sont obtus, réniformes ; les parois épaisses, formées de plusieurs rangs de cellules (fig. 24 et 25). Sur ceux qui sont le mieux conservés, on distingue (fig. 26 et 27) deux couches différentes : l'une, interne, composée de cellules allongées *n'*, suivant le grand axe du sporange ; l'autre, externe, *n*, formée de cellules polyédriques de teinte plus pâle, et recouverte d'une apparence d'épiderme *ep*.

Les parois laissent apercevoir dans certaines régions des traces d'un anneau (fig. 23 et 24, *o*), dirigé suivant la longueur du sporange dont je n'ai pu constater la déhiscence.

La grosseur de ces capsules est supérieure à celle du *Botryopteris forensis*. Les figures 19 et 24, faites au même grossissement, permettent de comparer les deux espèces de fructifications à ce point de vue.

Les spores sont également plus volumineuses, et se rapprochent, sous ce dernier rapport, des spores des Fougères ordinaires. Les figures 20, 20 *bis* et 21, qui représentent des spores de *Botryopteris forensis*, de *Loxsoma* et de *Botryopteris dubius*, ne laissent pas de doutes à cet égard.

Malgré tous les soins mis à la recherche d'une section de pétiole, ou de rachis traversant les fructifications, et assez bien conservé pour qu'il fût possible de reconnaître la forme du faisceau vasculaire central, la rencontre d'un semblable rachis ne s'est pas présentée, de façon que le doute subsiste sur les rapports de ces fructifications avec un pétiole ou une tige déjà connus.

En résumé, ces fructifications diffèrent des précédentes par leur mode d'insertion, qui est terminal, par leur forme, leurs parois épaisses et composées, la dimension des sporanges et celle des spores qu'elles renferment.

D'après leurs fructifications, les genres précédents peuvent être regardés comme faisant partie de la grande classe des Fougères (en y comprenant les Ophioglossées); mais les analogies cessent bien vite quand on veut poursuivre la comparaison.

Parmi les genres fossiles, le genre *Schizopteris* (*Sch. lactuca*), fréquemment accompagné à Saint-Étienne d'empreintes que l'on a regardées comme les fructifications de ces plantes, présente quelque analogie avec notre plante. Ces fructifications formées de capsules réniformes nombreuses, disposées par groupes serrés le long du rachis aplati de la plante, ont à peu près les mêmes dimensions que les sporanges trouvés à Autun. Sur leur longueur, on distingue une bande, que l'on pourrait prendre pour un anneau longitudinal. Elles se rapprocheraient davantage par leur dimension, leur forme, des fructifications d'Autun que de celles de Saint-Étienne. Mais la difficulté de bien établir le mode d'insertion de ces capsules, le manque complet de renseignements sur la structure de la tige des *Schizopteris*, et l'absence, du moins jusqu'à présent, des feuilles de ces plantes dans les magmas silicifiés, laissent trop d'incertitude pour que l'on puisse risquer une identification.

Quant au *Botryopteris forensis* décrit ici en premier lieu, il offre, avec plusieurs familles de Fougères, quelques analogies que nous allons examiner.

Ainsi l'axe cylindrique vasculaire, sans moelle incluse de la plante fossile, se retrouve dans les *Hymenophyllum*, les *Trichomanes* (*Trichomanes Prieurii*, *Trich. floribundum*).

La figure 1, planche 11, montre une coupe transversale d'une portion de tige de *Trichomanes floribundum*.

Le cylindre central vasculaire est dépourvu de lames cellulaires, et formé de cellules rayées ; au milieu de ces cellules s'en trouvent quelques-unes de couleur brune *g* non rayées, et remplies de substance gommeuse ; en dehors de l'axe, et l'entourant, se rencontrent deux zones, formées, l'une de cellules rectangulaires plus hautes que larges, et l'autre de cellules plus allongées et légèrement fibreuses ; enfin, plus à l'extérieur, la partie que l'on peut considérer comme corticale, très-développée, d'une couleur brune et fibreuse. En *c*, on remarque une racine parcourant la tige presque horizontalement, et en *b b* deux pétioles s'élevant obliquement à travers les tissus.

La figure 2 représente une autre coupe de Trichomanes (*Trichomanes Prieurii*).

Au centre se trouve un cylindre vasculaire formé de fibres rayées, renfermant, comme le précédent, des cellules gommeuses *g* ; mais, de plus, plusieurs faisceaux fibreux *ff*, fig. 3. Extérieurement à ce cylindre trois zones distinctes : la première *e*, formée de cellules rectangulaires plus hautes que larges, légèrement colorées ; la deuxième *e'*, composée de cellules allongées et fibreuses, à parois minces ; enfin la troisième et la plus extérieure *e''*, à cellules un peu plus hautes que larges, parfois remplies de substances colorées. Ces différentes couches sont enveloppées par le tissu cortical fibreux très-développé de la tige; l'épiderme est à peine visible.

Si dans ces plantes le cylindre vasculaire central plein rappelle le cylindre vasculaire, également sans moelle incluse des *Botryopteris*, la structure en est différente, puisque, dans les premières, ce sont des fibres rayées qui en composent la masse, tandis que, dans la plante fossile, le tissu est formé par la réunion de fibres réticulées.

Quant à la disposition des capsules, elle est toute différente; de plus, les spores sont bien plus nombreuses et plus fines dans le genre fossile que dans les plantes vivantes.

On ne peut donc faire rentrer le *Botryopteris forensis* ni dans le groupe des Trichomanées, ni dans celui des Hyménophyllées.

Le mode de groupement des sporanges, quoique différent dans la plante fossile, rappelle cependant dans une certaine mesure celui des Osmundées, et leur bande élastique, la plaque de même nature des *Todea africana*, *rivularis*, *Osmunda regalis*, etc. Le pétiole, à faisceau vasculaire lunulé, ne diffère pas essentiellement de celui de ces mêmes Fougères vivantes; mais la forme et la grandeur des sporanges, le nombre et la grosseur des spores, la nature des tissus dans les tiges, sont complétement différents.

Une famille, de laquelle on pourrait encore essayer de rapprocher le genre décrit, est celle des *Ophioglossées*.

Les sporanges dans les deux cas ont environ le même volume (fig. 13, pl. 10, et fig. 15, pl. 13). Cette dernière figure représente un sporange de *Botrychium subcarnosum* coupé longitudinalement; à l'extérieur se trouve une couche formée d'un rang de cellules à section rectangulaire; vues par la surface externe du sporange, elles offrent l'aspect représenté figure 18; les parois des capsules n'ont pas d'anneau élastique proprement dit. Au-dessous de cette première couche de cellules à parois assez épaisses se trouve un tissu assez lâche qui tapisse l'extérieur de la première enveloppe. Les figures 16 et 17, plus grossies, montrent la forme et la disposition de ce tissu. La couche externe *l* du sporange paraît être la continuation de l'épiderme du reste de la feuille *ep*, fig. 17.

L'enveloppe du sporange est donc plus compliquée que dans le *Botryopteris forensis*, mais moins que dans le *Botryopteris dubius*.

Les spores des *Helminthostachys* et des *Botrychium* sont très-nombreuses dans chaque sporange et plus petites que dans les Fougères ordinaires ; elles se rapprochent à cet égard des spores des Marattiées et de celles du *Botryopteris forensis*.

Les figures 20 et 20 *bis*, planche 11, qui indiquent avec le même grossissement (230 diamètres) les spores de *Botryopteris* (*t t'*), de *Kaulfussia æsculifolia* (*c c*), d'*Helminthostachys zeylanica* (*d d*), de *Botrychium subcarnosum* (*f f*), permettent de faire cette comparaison.

On sait que, dans les *Helminthostachys*, les sporanges sont fixés en nombre variable sur de petits axes communs très-peu développés. Dans les *Botrychium* ils sont sessiles, et creusés dans le tissu même de la feuille chez les Ophioglosses.

Les pétioles des plantes que nous comparons offrent entre eux moins d'analogie que les organes de fructifications.

Dans les *Helminthostachys zeylanica*, *Botrychium subcarnosum*, les pétioles sont parcourus par plusieurs faisceaux, 5 à 25, lunulés, disposés en cercle (fig. 6, pl. 12). La concavité tournée vers l'axe du pétiole, quelques-uns occupent la partie centrale. Le nombre des faisceaux vasculaires diminue à mesure que l'on s'élève dans le pétiole ; dans la région fructifère (fig. 7, pl. 12), le nombre se réduit à 4, et chacun conserve, quoique très-grêle, la forme lunulée des régions inférieures (fig. 8, *d*).

Les faisceaux vasculaires sont formés de cellules allongées, rayées ou poreuses (fig. 9, pl. 12) ; les pores sont elliptiques, et le grand axe de l'ellipse est oblique, par rapport à la longueur des cellules poreuses. Autour de chaque faisceau se trouve une gaîne cellulaire qui le sépare du tissu, plus lâche, du reste, du pétiole (fig. 10 *bis*, *e*, et 13, *e*), et rappelle celle qui environne les faisceaux vasculaires des pétioles de Marattiées, avec lesquels ces pétioles ont quelque analogie par leurs faisceaux vasculaires multiples. Comme dans ces dernières Fougères, on rencontre chez les *Helminthostachys* des canaux remplis d'une matière gommeuse brune.

Des différences sensibles existent également si l'on compare les tiges entre elles.

La figure 5, planche 12, et la figure 10, planche 13, qui sont des portions de coupe transversale de tiges d'*Helminthostachys zeylanica* et de *Botrychium subcarnosum*, offrent un cylindre vasculaire *d*, entourant une moelle centrale *h*. Le cylindre est formé de cellules allongées, rayées, *réticulées* et *poreuses* (fig. 11 et 12, pl. 13) ; il est environné lui-même par un cylindre de cellules allongées, à parois minces et fusiformes (*e*, fig. 12), dans lequel on peut reconnaître deux couches différentes ; à l'extérieur se trouve un parenchyme épais formé de cellules remplies de matières amylacées, et limité par un épiderme à peine distinct.

Après ce rappel succinct de la structure générale des *Botrychium* et des *Helminthostachys*, on voit que, malgré quelques ressemblances entre les fructifications, la forme des faisceaux vasculaires des rachis, et la nature réticulée de leurs fibres, des différences nombreuses subsistent dans ces divers organes, et principalement dans la structure de la tige, suffisantes pour qu'il soit impossible d'assimiler complétement les *Botryopteris* aux Ophioglossées.

La conclusion naturelle de ce qui précède est que ce genre est éteint ; qu'il appartenait à un groupe distinct ayant la tige de certaines Fougères (*Trichomanes*, *Hymenophyllum*), la disposition stipitée des sporanges, et la bande élastique, mais plus développée, des Osmundées ; enfin qu'il portait des capsules volumineuses remplies de spores arrondies, petites, analogues à celles des Marattiées, dont les *Helminthostachys* et les *Botrychium* en offrent l'exemple. Ce genre était donc intermédiaire entre les *Fougères proprement dites* et les *Ophioglossées*.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE 8.

Botryopteris forensis.

Fig. 1. Coupe transversale de la tige dirigée un peu obliquement. (Grossissement, 10 diam.)

a, axe central ligneux formé de fibres réticulées, et rayées ou plutôt de cellules allongées, réticulées et rayées. Les cellules de la partie centrale ont un diamètre plus considérable que celles de la périphérie où se rendent les éléments vasculaires des pétioles et des racines.

b, *b*, Coupe de pétioles qui se sont séparés de la tige et se dirigent vers la périphérie.

c, *c*, Partie fibreuse corticale très-développée qui entoure l'axe ligneux *a*.

d, *d*, racines qui se sont détachées de la partie extérieure de l'axe et se portent vers la périphérie en traversant le tissu fibreux cortical presque horizontalement; au centre de la racine se trouvent les cellules réticulées et scalariformes qui en forment la partie vasculaire.

d', origine de l'une de ces racines.

e, *e*, coupe de poils pluricellulaires qui couvrent la surface extérieure de la tige.

f, *f*, gaîne cellulaire détruite le plus souvent et qui entourait la partie vasculaire de la tige, des pétioles et des racines.

Fig. 2. Section transversale de l'axe grossie 35 fois.

a, partie centrale formée de cellules allongées réticulées de dimensions plus grandes que celles des cellules de la périphérie et qui se continuent avec les cellules rayées et réticulées des pétioles et des racines.

d, *d*..., origine de racines qui prennent naissance sur l'axe.

Fig. 3. Section transversale d'un pétiole pris en dehors de la tige.

a, faisceau vasculaire du pétiole dont la coupe transversale rappelle celle de la lettre grecque ω.

c, partie corticale très-développée du pétiole formée d'éléments cellulaires à l'intérieur et d'éléments fibreux à l'extérieur.

c', *c'*, cellules plus grosses éparses dans le tissu cortical et remplies de substances gommeuses.

f, partie cellulaire plus délicate formant gaîne autour de la partie vasculaire et généralement détruite.

Fig. 5. Cellules allongées réticulées formant l'axe de la tige. Les réticulations sont irrégulières et se transforment aux extrémités amincies des cellules en raies parallèles analogues à celles des cellules scalariformes. (Grossiss. 100 diam.)

Fig. 6. Partie fibreuse de la région périphérique de l'écorce vue en coupe longitudinale. (Gross. 100 diam.)

Fig. 6 *bis*. *e*, poils cloisonnés de la tige; *e'*, partie basilaire du poil appartenant à l'épiderme.

PLANCHE 9.

Fig. 6. Section longitudinale de la tige et de deux pétioles qui en partent. (Grossiss. 10 diam.)

a, *a*, partie vasculaire de la tige formée de cellules allongées, réticulées et rayées.

a', *a'*, partie vasculaire d'un pétiole également formée de cellules allongées, réticulées et rayées.

c, *c'*, parties cellulaires et fibreuses de l'écorce dans la tige et les pétioles.

Fig. 7. Coupe transversale de pétiole de *Botryopteris* (St-Étienne). (Gross. 35 diam.)

a, faisceau vasculaire central. La partie interne *a'* du faisceau s'est séparée de la partie extérieure.

c'', région fibreuse de l'écorce.

c, partie cellulaire périphérique de l'écorce.

e', lacunes gommeuses.

f, première gaîne cellulaire fibreuse entourant le faisceau vasculaire.

f', deuxième gaîne cellulaire plus extérieure.

Fig. 8. Coupe longitudinale du même pétiole.

a, cellules allongées poreuses de la partie vasculaire du pétiole; les pores sont circulaires et disposés régulièrement en série.

f, première enveloppe composée de cellules allongées et fibreuses.

f', deuxième enveloppe cellulaire rarement conservée.

c, première couche cellulaire de l'écorce.

e', lacunes gommeuses.

c'', deuxième couche de l'écorce dont les cellules se sont allongées et sont devenues libériennes.

Fig. 9. Coupe transversale d'un pétiole de *Botryopteris* (Autun), grossie 20 fois.

a, faisceau vasculaire central.

c, *c''*, région corticale.

ép, épiderme conservé dans cet échantillon.

f, partie cellulaire entourant l'axe du pétiole, mais dont la structure n'est pas conservée.

Fig. 9 *bis*. Coupe longitudinale du même pétiole, grossie 35 fois.

a, partie vasculaire.

c, *c''*, région corticale cellulaire et fibreuse.

f, première gaîne du faisceau vasculaire, fibreuse, mais assez mal conservée.

Fig. 10. Cellules allongées poreuses de l'axe du pétiole; les pores sont elliptiques. (Gross. 230 diam.)

PLANCHE 10.

Fig. 11. Coupe transversale à travers une portion d'un glomérule de sporanges. (Gross. 10 diam.)

u, l'un des axes fructifères coupé transversalement, d'où partent des axes secondaires *u'*, *u''*; ces derniers sont entourés par la masse des sporanges *m*, *m*, dont on n'a figuré qu'une partie.

a, partie vasculaire de l'axe principal et des axes secondaires; le faisceau vasculaire a sur une coupe transversale la même figure de ω que les faisceaux vasculaires des pétioles décrits précédemment.

c, région celluloso-fibreuse des axes fructifères.

f, gaîne cellulaire mal conservée entourant la partie vasculaire.

m, *m*, sporanges renfermant de nombreuses spores.

n, enveloppe des sporanges formée d'un seul rang de cellules.

u', axes secondaires.

r, *r*, axes tertiaires.

Fig. 12. Montrant le mode d'insertion des sporanges *m*, *m*, sur l'axe *j*.

l, partie du sporange allongée en pédicelle.

m, spores.

n, parois formées d'un seul rang de cellules.

p, partie moins épaisse des parois du sporange par laquelle s'effectuait la déhiscence.

o, portion de l'enveloppe plus épaisse du sporange et jouant le rôle de l'anneau élastique des sporanges de Fougères. (Gross. 35 diam.)

Fig. 13, 14, 15, 17, 18. Montrant des coupes faites dans différentes régions des sporanges : 14, vers le sommet, *m*, spores; 18, vers la base; 17, tangentiellement; 13 et 15, longitudinalement mais dans deux méridiens différents, on voit les cellules épaissies *o* dans deux positions différentes au sommet et vers la base du sporange. (Gross. 35 diam.)

Fig. 16. Sporange de *Loxsoma Cunninghami.*

o, anneau élastique; *m*, deux spores encore incluses. (Gross. 35 diam.)

Fig. 19. Coupe transversale d'un sporange de *Botryopteris.*

m, *n*, *o*, *p*, comme précédemment. (Gross. 35 diam.)

Fig. 24. Coupe transversale d'un sporange.

o, apparence d'anneau.

n, parois formées de plusieurs rangs de cellules.

m, spores incluses.

f, fracture dans la paroi du sporange.

PLANCHE 11.

Fig. 20. *t*, spores du *Botryopteris forensis* non déformées; l'enveloppe s'est fendue et laisse voir l'intérieur du sporange; *t'*, autres spores légèrement déformées et déchirées. (Gross. 230 diam.)

Fig. 20 *bis*. Spores de plantes vivantes vues avec le même grossissement pour la comparaison.

b, *b*, spores de *Loxsoma Cunninghami*; *c*, *c*, de *Kaulfussia æsculifolia*; *d*, *d*, d'*Helminthostachys zeylanica*; *f*, *f*, de *Botrychium subcarnosum*; *e*, *e*, de *Botryopteris dubius* (fig. 21).

Fig. 21. Spores renfermées dans les fructifications du *Botryopteris dubius* d'Autun. (Gross. 230 diam.)

Fig. 22. Groupe de sporanges qui paraissent creusés dans l'extrémité renflée des ramifications de l'axe.

m, spores; n, enveloppe du sporange.

v, axe fructifère se subdivisant en plusieurs autres plus petits r', r', se terminant par un sporange.

Fig. 23. Sporange avec apparence d'anneau o coupé longitudinalement; n, parois formées de plusieurs rangs de cellules; m, spores. (Gross. 35 diam.)

Fig. 25. Coupe transversale de sporanges.

m, spores; m', vides laissés par le départ des spores; n, partie cellulaire de l'enveloppe du sporange; n', partie plus interne, fibreuse.

Fig. 26. Portion longitudinale de paroi de sporange.

n', partie fibreuse interne; n, partie cellulaire externe.

Fig. 27. Coupe transversale. — n', partie fibreuse; n, partie cellulaire; *ép*, épiderme.

Plantes vivantes.

Fig. 1. Coupe transversale de *Trichomanes floribundum*. (Gross. 10 diam.)

a, partie extérieure fibreuse très-développée.

a', portion d'épiderme.

b, b, coupe transversale de pétiole non encore dégagé de la tige.

c, coupe longitudinale d'une racine.

d, axe vasculaire central *plein*, dans lequel on remarque des cellules remplies d'une matière brune.

e, gaîne de cellules allongées entourant l'axe vasculaire.

Fig. 2. Coupe transversale de la partie centrale d'un rhizome de *Trichomanes Prieurii*.

a, partie corticale fibreuse.

e, gaîne cellulaire entourant l'axe vasculaire d.

d, axe vasculaire formé de cellules allongées, rayées.

f, bandes fibreuses plongées au milieu du tissu rayé de l'axe.

g, cellules remplies de matière brune.

Fig. 3. Coupe longitudinale d'une partie de l'axe.

d, cellules allongées rayées de l'axe.

f, fibres qui constituent les bandes éparses dans le tissu rayé de l'axe.

Fig. 4. Coupe longitudinale d'une portion de l'axe et des enveloppes extérieures.

d, cellules allongées rayées de l'axe.

e, première gaîne cellulaire; les cellules sont allongées et à parois terminales planes.

e', deuxième gaîne de cellules allongées plus petites et terminées en biseau.

e'', troisième gaîne de cellules plus épaisses; les cellules, plus hautes que larges, s'allongent de plus en plus en s'avançant vers l'extérieur, et prennent l'aspet fibreux et libérien de l'écorce a.

a, fibres corticales.

PLANCHE 12.

Fig. 5. Coupe transversale d'un rhizome d'*Helminthostachys zeylanica*.

a, partie extérieure cellulaire parenchymateuse de la tige.
e, première gaîne cellulaire externe.
e', deuxième gaîne plus interne.
d, axe cylindrique ligneux formé de cellules allongées, rayées et poreuses.
h, partie centrale médullaire entourée par le cylindre ligneux *d*.

Fig. 6. Coupe transversale d'un pétiole d'*Helminthostachys zeylanica* grossie 15 fois.

a, zone parenchymateuse extérieure limitée par un épiderme mal défini.
d, *d*, faisceaux vasculaires disposés en cercle et formés de cellules allongées, rayées et poreuses.
e, *e*, gaîne cellulaire fibreuse entourant les faisceaux vasculaires.
f, tissu lacuneux central.

Fig. 7. Coupe transversale d'un pétiole d'*Helminthostachys* faite dans la région fructifère.

a, portion parenchymateuse extérieure du pétiole.
d, faisceaux vasculaires desservant les fructifications.
i, *i*, pédicelles des fructifications.

Fig. 8. Coupe transversale d'un faisceau vasculaire du pétiole précédent grossi 100 fois — *d*, faisceau de fibres rayées; *e*, gaîne cellulaire qui l'entoure.

Fig. 9. Coupe longitudinale des cellules allongées poreuses à pores elliptiques d'un pétiole.

Fig. 10 *bis*. Coupe transversale d'un faisceau vasculaire de pétiole de *Botrychium subcarnosum*.

d, faisceau vasculaire formé de cellules allongées, poreuses et rayées.
e, gaîne de cellules allongées, amincies aux extrémités qui l'environnent.
a, parenchyme extérieur.

PLANCHE 13.

Fig. 10. Coupe transversale de *Botrychium subcarnosum*.

a, parenchyme cortical.
e, *é*, comme dans la figure 5.

Fig. 11. Coupe longitudinale d'une portion de l'axe de *Botrychium*. Cellules allongées rayées. (Gross. 100 diam.)

Fig. 12. Coupe longitudinale d'une portion de l'axe de *Botrychium*. (Gross. 230 diam.)

d, cellules allongées poreuses.
e, enveloppe cellulaire pseudofibreuse.
a, tissu parenchymateux extérieur.

Fig. 13. Coupe longitudinale d'une portion de faisceau vasculaire d'un pétiole.

d, cellules allongées poreuses du faisceau.
e, gaîne de cellules fusiformes qui l'environnent.

Fig. 14. Même figure, mais plus grossie.

Fig. 15. Coupe transversale de deux sporanges de *Botrychium*. (Gross. 35 diam.)

l, enveloppe cellulaire externe du sporange formée d'un seul rang de cellules qui paraissent être la continuation de l'épiderme.

m, tissu cellulaire interne, continuation du tissu parenchymateux de la feuille.

n, portion interne du limbe foliaire.

Fig. 16 et 17. Portion de la paroi du même sporange. — *ép*, épiderme de la feuille sporifère; *l*, sporange.

Fig. 18. Lambeau de l'enveloppe extérieure du sporange, vu en dessus.

QUELQUES RECHERCHES

SUR

LA RESPIRATION DES PLANTES

Par MM. A. MAYER et A. de WOLKOFF.

Ingenhousz a peut-être été le premier à reconnaître dans les feuilles vertes l'existence normale d'un phénomène d'oxydation ; mais c'est à Théodore de Saussure que nous devons ici, comme dans la majeure partie des questions qui occupent encore aujourd'hui l'esprit des physiologistes, la description plus précise de ce phénomène. C'est encore au même savant que nous devons, comme on le sait, la connaissance plus approfondie des lois fondamentales d'un travail opposé, celui de la réduction de l'acide carbonique par les plantes vertes, avec absorption de carbone et émission d'oxygène. Néanmoins ce n'est que de nos jours, grâce aux recherches de MM. Garreau, Boussingault (1), et plus récemment à celles de MM. Dehérain et Moissan (2), qu'on est parvenu généralement à reconnaître dans toute plante deux forces antagonistes, « tendant, comme dit M. Boussingault, l'une à lui soustraire, l'autre à lui fournir de la matière, et, selon que l'une de ces forces dominera l'autre, le poids de la plante diminuera ou augmentera ». Pendant longtemps les physiologistes se sont principalement occupés à déterminer les lois de l'une de ces forces, celle de la décomposition de l'acide carbonique, en laissant comparativement dans l'oubli celle de l'absorption de l'oxygène : c'est ainsi probablement que s'est formée, même dans le public éclairé, l'opinion que les plantes, absorbant l'acide carbonique et rendant l'oxygène, présentent une activité vitale directement opposée à celle des animaux, qui, au contraire, absorbent l'oxygène et rendent l'acide carbonique : de là, le rapport entre la respiration animale et végétale, et l'on a dit : La respiration des plantes est un phénomène directement inverse à la respiration des animaux.

---

(1) *Agronomie, chimie agricole et physiologie*, 1868, p. 246.

(2) *Annales des sciences naturelles*, 5e série, Bot., t. XIX, p. 321.

Il y a eu même, chose remarquable, des savants distingués qui, s'étant beaucoup occupés de questions relatives à la décomposition de l'acide carbonique par les plantes, n'ont plus voulu admettre l'existence d'un phénomène opposé à celui-ci. Ainsi Liebig dit : « Ce travail d'exhalaison d'acide carbonique a tout aussi peu affaire à l'assimilation, à la vie de la plante, que l'inspiration (absorption) de l'oxygène. Ces deux phénomènes n'ont pas le moindre rapport entre eux, l'un n'étant que purement mécanique, l'autre chimique (1). »

Aujourd'hui ces deux actes vitaux dans les plantes sont assez nettement définis, pour qu'il n'y ait plus possibilité de les confondre. Nous savons que toute plante, sans exception, absorbe l'oxygène de l'atmosphère avec émission d'acide carbonique. Nous savons aussi que ce ne sont que les parties vertes qui servent aux plantes d'appareils réducteurs, et fixent en elles le carbone qu'elles retirent de l'acide carbonique ; enfin nous savons que, sans oxygène, les mouvements du protoplasma ne peuvent pas s'effectuer, et que même le Champignon de la levûre privé d'une atmosphère oxygénée est entravé dans sa croissance (2). Si donc l'un de ces deux actes présente quelque ressemblance avec celui qui est constant dans la vie des animaux, c'est certes celui de l'absorption d'oxygène avec émission d'acide carbonique, et non pas l'acte opposé, qui d'ailleurs se borne seulement aux parties vertes des plantes.

En Allemagne, depuis M. Sachs, ces deux actes ont reçu des noms différents. On appelle *respiration* le premier; le second est connu sous le nom d'*assimilation*. En France, le mot *respiration*, quoique généralement usité, n'a pas cependant encore reçu de signification précise. On l'emploie tantôt dans le sens d'absorption d'oxygène, tantôt dans celui d'absorption de l'acide carbonique. Nous désignerons donc par *respiration* uniquement l'acte de l'absorption de l'oxygène de l'atmosphère, accompagné d'une émission relative d'acide carbonique.

---

(1) *Die Chemie in ihrer Anw. auf Agrikultur*, etc., 1862, Bd. I, p. 34.

(2) O. Brefeld, *Landwir. Jahrbucher*. Berlin, t. III, 1874.

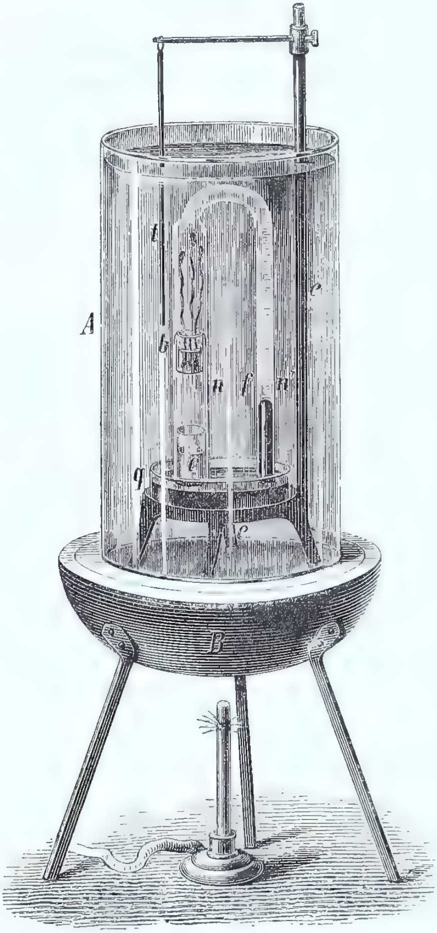
Comme nous venons de le dire, la respiration, quoique plus générale, plus indispensable, partout où il y a croissance, c'est-à-dire augmentation de volume (quand même il y aurait diminution du poids de la substance desséchée), n'a été que peu étudiée relativement à l'assimilation. Ainsi, les rapports qui existent entre la respiration et les agents extérieurs, tels que la chaleur, la lumière, le changement de température, etc., n'ont pas été jusqu'à présent l'objet d'une étude spéciale; il n'existe à ce sujet que des indications fort rares, restreintes et peu précises (1). Nous savons, par exemple, que les plantes respirent continuellement; qu'elles respirent la nuit comme le jour; que l'assimilation dans des conditions favorables, et à une lumière suffisamment intense, surpasse de beaucoup la respiration, etc.: mais nous ne savons pas si la lumière n'a pas une influence directe sur la respiration; si les différents rayons lumineux agissent ici également, où sont en général dépourvus de toute action; si, malgré la plus grande force de croissance que présentent presque toutes les plantes dans l'obscurité (les autres conditions d'ailleurs égales), l'intensité de la respiration reste stationnaire, ou bien si cette dernière est en rapport avec l'*accroissement en longueur* de la plante, etc.

Toutes ces questions et bien d'autres encore nous ont paru d'un grand intérêt physiologique, et nous avons cherché à en déterminer quelques-unes. Nous présentons ici d'une manière succincte les résultats d'une longue série d'expériences qui, nous en prévenons, avaient principalement pour but de fonder une méthode simple et cependant précise, qui permît d'étudier l'influence des agents extérieurs sur la respiration des plantes dans de courtes durées.

---

(1) M. Garreau, M. Boehm, MM. Dehérain et Moissan ont reconnu que la respiration était singulièrement activée par l'élévation de la température. Voyez *Annales des sciences naturelles*, 5e série, t. XIX, p. 329, le tableau IV du mémoire de MM. Dehérain et Moissan. (*Réd.*)

Notre appareil consiste en un tube de verre recourbé en forme d'U renversé, dont les branches, de longueur égale, diffèrent sensiblement quant au diamètre. La plus large *n* (fig. 1)



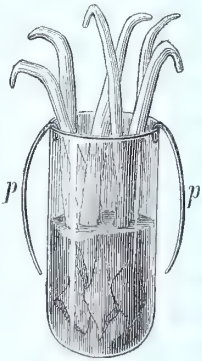


Fig. 2.

Fig. 1.

est destinée à contenir les plantes choisies pour l'expérience; l'autre *n'*, soigneusement graduée, permet de lire les volumes des gaz absorbés. Les plantes sont placées dans un petit vase de verre ayant à peu près la dimension et la forme d'un dé à coudre (fig. 2); on les introduit par en bas dans la large branche de l'appareil (*n*). Des fils de platine, soudés par un bout au bord du godet, et recourbés (comme le montre la figure 2, *p*,*p*) pour faire ressort contre les parois du tube *n*, permettent d'en modifier à volonté la hauteur. On introduit dans le même tube un second godet de verre à fond plat (voy. *c*, fig. 1), contenant une solution déterminée de soude caustique. On a soin de n'entreprendre cette opération qu'au moment même où le tube *nn'*, avec les plantes qu'il contient, est prêt à être ajusté sur l'appareil qui doit lui servir de base. Ce dernier consiste en une cuvette de forme cylindrique de verre *q* (fig. 1), au fond de laquelle est assujetti un bouchon de caoutchouc légèrement conique vers le haut. On assujettit la branche large du tube en U sur le bouchon, en lui imprimant une pression suffisante pour le fixer dans une position verticale. On a soin de marquer au diamant l'endroit du tube qui correspond au plan de la surface (intérieure) libre du bouchon, afin de pouvoir toujours réintroduire le bouchon à la même profondeur, condition essentielle pour juger du volume des gaz renfermés dans le tube. On verse ensuite dans la cuvette une quantité de mercure suffisante pour que les deux branches du tube y plongent à une profondeur d'environ un centimètre. On retire ensuite, au moyen d'un tube de caoutchouc très-mince qu'on a introduit préalablement dans la branche étroite de l'appareil, une quantité d'air suffisante pour soulever le niveau du mercure à la hauteur de 3 centimètres environ. Enfin on introduit dans le même tube, à l'aide d'une pipette à bout effilé et recourbé, un peu de la solution alcaline indiquée plus haut. Cette dernière sert, d'une part, à augmenter la vitesse de l'absorption de l'acide carbonique par les plantes contenues dans l'appareil (cette absorption aurait été retardée par une plus grande difficulté de diffusion dans la branche étroite); de l'autre, permet à l'observateur de préciser avec plus de facilité le niveau du mercure dans le tube. Cette dernière opération se fait toujours au moyen d'un cathétomètre placé à plusieurs pieds de distance de l'appareil. Maintenant on place ce dernier sur un support de fer, muni d'un long bras (*e*), au moyen duquel on plonge le tout dans un vase cylindrique de verre rempli d'eau et reposant sur un bain de sable. Il est facile de voir comment, au moyen de cet appareil, on pourra constater la respiration des plantes qu'il contient. L'absorption de l'oxygène par celles-ci, et l'émission de l'acide carbonique, qui, à son tour, est absorbé dans la solution de soude, produisent constamment une diminution de volume de l'atmosphère confinée dans le tube nn'. Cette diminution est identique avec la quantité d'oxygène consommé, et est déterminée par l'ascension du mercure dans la branche graduée n'. La comparaison des volumes absorbés dans des temps égaux (par les mêmes plantes), et sous l'influence d'un agent extérieur qu'on change à volonté, nous fera donc voir le rapport qui existe entre la respiration et l'agent en question. Le changement produit ne pourrait cependant être envisagé comme provenant de l'influence de cet agent que sous les conditions suivantes : 1° Le volume des gaz renfermés dans le tube doit pouvoir être mesuré avec une précision suffisante, indépendamment du changement de température et de la pression atmosphérique. 2° La respiration ne doit pas être sensiblement affectée par le fait même de la diminution de l'oxygène, qui se trouve à la portée des plantes enfermées dans l'appareil, à moins que cette diminution ne dépasse une limite déterminée. 3° Les changements de pression produits dans l'appareil par l'élévation ou l'abaissement du mercure dans la branche n' ne doivent pas modifier sensiblement la respiration. 4° La durée du temps indispensable pour déterminer avec précision le volume des gaz absorbés (par la soude) dans l'appareil doit être une fraction seulement du temps, pendant lequel les sujets choisis pour l'expérience, et maintenus dans des conditions invariables, respirent sans modification visible et avec une intensité constante.

La description détaillée de tout ce qui se rapporte à ces conditions se trouve dans la publication allemande de notre travail (1). Les fautes d'observations qui peuvent porter atteinte à la netteté de la méthode y sont soumises à une analyse minutieuse. Nous croyons donc pouvoir nous borner ici à indiquer seulement le procédé que nous avons employé pour calculer ces volumes. Quelques mots suffisent pour quiconque est au courant des simples méthodes gazométriques. La capacité de l'appareil $n\,n'$ est précisée par un jaugeage qu'on a soin d'exécuter préalablement. A cet effet, on introduit dans l'appareil $n\,n'$ (tourné de telle sorte que ses ouvertures regardent en haut) un volume connu d'eau correspondant approximativement à celui de la branche large du tube (n); on ferme celle-ci avec un bouchon de caoutchouc, qu'on enfonce jusqu'à l'endroit marqué au diamant, et qui indique la place qu'a le bouchon de la cuvette quand l'appareil est en fonction. En inclinant horizontalement le tube $n\,n'$, on parvient facilement à faire sortir par la branche n' laissée ouverte l'air qui était resté enfermé dans le tube n. Il est remplacé par l'eau qui se trouvait auparavant dans n'. On remet maintenant le tube dans une position verticale. L'eau qui remplit la branche n ne s'écoule plus, grâce à la pression atmosphérique, et l'on poursuit la graduation de la petite branche, au moyen d'une autre pipette de calibre inférieur. Les volumes trouvés sont toujours multipliés par la pression notée et divisée par 760 et $1+t\,(0{,}0036)$, t étant la température en degrés centigrades. On reçoit ainsi des volumes réduits à la température de 0 degré et à la pression de mercure de 760 millimètres. Il est essentiel cependant de remarquer que la pression notée dans chaque observation se compose de plusieurs facteurs, notamment de la pression barométrique, + la pression de la colonne d'eau du vase extérieur au-dessus du mercure de la cuvette, — la pression du mercure dans le bras n', — la pression de la solution alcaline, enfin — la tension de la vapeur d'eau qui se trouve dans l'appareil à une température donnée. Les volumes que prennent dans l'appareil les corps introduits pour l'expérience sont déduits du volume de la capacité de l'appareil. A cet effet, on définit une fois pour toutes le volume que prend le vase avec la solution alcaline, qu'on a soin d'y verser toujours en même quantité. Quant au volume du vase avec les plantes, la plus simple manière de le connaître est d'introduire le tout, l'expérience une fois achevée, dans un cylindre gradué et contenant de l'eau. Enfin, le volume de la solution alcaline introduite dans la branche *n* de l'appareil est déterminé directement par le tableau de graduation. La constance des résultats obtenus dans une longue série d'expériences est certainement le plus fort argument pour prouver la valeur pratique d'une méthode. Une demi-année de travail assidu nous a fourni un très-grand nombre d'observations qui nous ont paru satisfaisantes. Elles sont publiées en majeure partie dans le travail mentionné plus haut; nous croyons donc pouvoir nous borner à ne présenter ici que quelques-unes d'entre elles.

---

(1) A. Wolkoff et A. Mayer, *Beiträge zur Lehre über die Athmung der Pflanzen Landwirthschaft. Jahrbücher*, 1874, IV.

Constance de la respiration dans une atmosphère limitée et à une température invariable. — On a choisi, parmi une dizaine de plants de Sarrasin, qu'on avait fait germer dans des sciures de bois, quatre plants à une époque où leurs radicules ne dépassaient pas 2 centimètres de longueur. Après les avoir dépouillés de toutes sciures à l'aide d'un pinceau imbibé d'eau, on les a placés sur un tamis de platine, assujetti en forme de couvercle sur le godet de verre décrit plus haut, et dont la capacité est de 4 à 5 centimètres cubes à peu près. Le tamis laisse facilement traverser les radicules, tout en présentant un obstacle suffisant aux semences pour que celles-ci restent à sa surface. On remplit l'éprouvette d'eau distillée jusqu'à un trait tracé au diamant, en ayant soin toutefois de laisser un espace de quelques millimètres entre l'eau et le tamis, condition fort importante pour provoquer une croissance parfaitement égale dans tous les individus soumis à l'expérience. Ces opérations achevées, on place le vase dans un endroit complétement obscur, et, deux jours après, on obtient des plantes étiolées avec des tigelles parfaitement droites, de dimensions égales, et qui, grâce aux racines adhérant au fond et contre les parois du vase, se trouvent parfaitement fixées à celui-ci. C'est toujours ainsi que nous avons élevé les sujets choisis pour l'expérience, en ne modifiant que le temps d'une part et le tamis de l'autre, selon la dimension de la semence et son espèce. Pour de grandes semences, comme, par exemple, celles de *Tropæolum majus*, on ne soudait que deux ou trois fils de platine sur l'ouverture du vase, et cela suffisait pour leur donner un soutien convenable. Le vase, muni ainsi de ses plantes, est introduit dans le tube *n*; on procède à l'installation de l'appareil, comme il a été décrit plus haut. Quelques heures après, on commence l'expérience. Pendant la durée de l'expérience, les plantes étaient à l'abri de la lumière.

Quatre jeunes plantes de Sarrasin, dont les semences admises comme sèches pesaient 0^{gr},030 *chacune, ont respiré :*

	Temps (1). h. m.	Volumes. cc	Diminution de volume absolue. cc	Diminution de volume par heure. cc	Températ.
27 décembre.	[11 30]	25,67	1,70	0,12	19°,0
28 id.	[1 40]	23,97	0,70	0,14	20°,5
28 id.	[6 50]	23,27			

On a ouvert l'appareil, et introduit par aspiration une atmosphère nouvelle :

28 décembre.	[8 05]	28,37	1,71	0,13	21°,2
29 id.	9 30	26,66	0,87	0,11	20°,5
29 id.	[5 20]	25,79			

Il résulte de cette expérience :

1° Que la respiration est restée à très-peu près stationnaire, depuis (11 h. 30 m.) le 27 jusqu'au 28 (6 h. 50 m.), ce qui fait une durée de 19 heures 20 minutes.

2° Que la diminution de l'oxygène dans l'appareil n'a pas affecté visiblement l'intensité de la respiration, puisque, après avoir introduit une atmosphère nouvelle, la respiration s'est effectuée avec une activité analogue.

3° Que la diminution de pression, qui devait résulter de la disparition d'un volume sensible de gaz dans l'appareil, n'a pas eu non plus d'influence marquée sur la respiration.

Voici une autre série d'expériences qui conduit au même résultat :

---

(1) Les heures entre crochets signifient toujours les heures de la seconde moitié du jour.

Une plante de Tropæolum majus *ayant une radicule de* 3-5 *centimètres et dépourvue de ses feuilles a été introduite dans l'appareil* (1).

				Diminution de volume		
		Temps.	Volumes.	absolue.	par heure.	Températ.
		h. m.	cc	cc	cc	
16	janvier.	[10 20]	58,71			
				1,46	0,10	20°,3
17	id.	[12 45]	57,25			
				1,00	0,12	20°,7
17	id.	[9]	56,25			
				2,10	0,16	21°,0
18	id.	9 50	54,15			
				0,70	0,16	21°,8
18	id.	[2 10]	53,45			
				1,32	0,14	21°,5
18	id.	[11 30]	52,13			

Ici on a aéré l'appareil :

18	janvier.	[12]	58,32			
				1,67	0,13	20°,5
19	id.	[12 30]	56,65			
				1,73	0,16	20°,9
19	id.	[11 30]	54,92			
				1,60	0,13	21°,6
20	id.	[4]	52,75			
21	id.	[9]	60,12			
				1,63	0,13	20°,5
22	id.	9 35	58,49			
				1,33	0,10	20°,4
22	id.	[11 10]	57,16			
				1,35	0,12	19°,7
23	id.	10 10	55,81			

Nous voyons en outre que, malgré la durée comparativement longue du temps pendant lequel la respiration a été observée, cette dernière n'a pas varié autant qu'on aurait pu s'y attendre. Du 18, par exemple, jusqu'au 22, elle n'a varié que de 0,16 à 0,13 par heure, ce qui démontre une régularité fort remarquable, si l'on considère que nous avons affaire ici à des phénomènes vitaux provenant d'appareils organiques excessivement compliqués. Comme nous l'avons déjà remarqué plus haut, le but principal de nos recherches a été de trouver une méthode qui pût donner à l'observateur la possibilité de suivre la respiration dans de courts intervalles de temps. On a pu déduire que si l'intensité de la respiration restait à très-peu près stationnaire pendant un temps d'une certaine durée, elle devrait s'exécuter avec plus de régularité encore pendant un temps de plus courte durée. Il est clair qu'à des périodes différentes de sa vie, la plante respirera différemment, et que les changements morphologiques auxquels elle est continuellement sujette pendant sa croissance peuvent modifier l'intensité de sa respiration. Plus le temps indispensable à l'expérience est court, moins ces changements peuvent porter atteinte à la valeur même des résultats obtenus. L'expérience suivante confirme cette opinion :

---

(1) Les semences de *Tropæolum majus*, séchées et dépourvues de leur écorce, pesaient $0^{gr},15$.

Plante de Tropæolum majus *étiolée ayant une tigelle d'un décimètre de hauteur.*

	Temps.	Volumes.	Diminution de volume absolue.	Diminution de volume par heure.	Température.
	h. m.	cc	cc	cc	
24 janvier.	9 45	57,19	0,34	0,11	14°,6
24 id.	[12 45]	56,85	0,99	0,09	14°,4
24 id.	[11 30]	55,86	0,73	0,09	13°,8
25 id.	8	55,13	0,44	0,09	13°,8
25 id.	[12 45]	54,69			

Dans toutes les expériences qui vont suivre, la durée du temps a pu être réduite de beaucoup, parce que, au lieu d'un seul plant (comme ici celui de *Tropæolum*), on en prenait trois, quatre, cinq et plus, choisis sur un nombre beaucoup plus grand encore ; ce qui déterminait une absorption d'autant plus rapide, et par suite d'autant plus appréciable. Grâce à ce procédé, nous avons été à même de préciser l'intensité de la respiration produite par des organes séparés. Ainsi, par exemple, *neuf racines de* Vicia Faba, *d'une longueur égale à peu près à* 5 *centimètres*, coupées à l'endroit où les cotylédons quittent la graine, et introduites immédiatement (fig. 2) avec l'extrémité coupée tournée en bas, dans le godet contenant un centimètre d'eau environ, ont respiré comme suit :

	Temps.	Volumes.	Diminution de volume absolue.	Diminution de volume par heure.	Température.
	h. m.	cc	cc	cc	
26 février.	[1 50]	57,45	1,12	0,74	20°,9
	[3 20]	56,33	0,74	0,70	20°,9
	[4 25]	55,59	0,23	0,69	20°,5
	[4 45]	53,36	0,57	0,57	20°,5
	[5 45]	54,79	1,26	0,55	21°,8
	[8]	53,53	2,03	0,51	21°,5
	[12]	51,50			

On voit dans ce tableau que l'intensité de respiration s'est maintenue très-constante entre 1 heure 50 minutes et 4 heures 25 minutes, mais qu'ensuite elle a commencé à faiblir, probablement faute de nourriture, qui, dans les conditions normales, afflue continuellement des cotylédons.

Nous avons encore modifié nos expériences de différentes manières. Ainsi, par exemple, nous avons fait respirer des plants de *Tropœolum majus* dépourvus les uns de feuilles, les autres de racines, d'autres de cotylédons, d'autres enfin de cotylédons et de feuilles, et partout nous avons constaté le fait : *Que la respiration s'effectue dans les plantes et dans leurs organes détachés avec une constance d'assez longue durée, et une intensité assez grande pour pouvoir être constatée au moyen de notre appareil plusieurs fois de suite.*

Il nous restait encore à définir quelle était la limite de la plus petite durée de temps admissible dans les expériences, sans crainte d'affecter les résultats obtenus, par le fait possible que l'absorption de l'acide carbonique exhalé par les plantes ne se produisît pas assez rapidement, et qu'ainsi le volume trouvé ne correspondît pas à la quantité d'oxygène disparue. Pour se faire une idée sur la vitesse avec laquelle l'acide carbonique s'absorbait dans notre appareil, nous y avons introduit sur un volume de 27 centimètres cubes d'air atmosphérique un peu plus d'un centimètre d'acide carbonique. Après quoi, on a injecté au moyen d'une pipette une quantité de la solution alcaline employée généralement dans nos expériences. L'absorption s'est effectuée de la manière suivante :

			Diminution	
Temps.	Température.	Volumes.	absolue.	par heure.
h. m.	o	cc	cc	cc
3 56	8,6	28,43	0,49	0,12
3 58	8,6	28,20		
4	8,7	27,94	0,33	0,07
4 02	8,7	27,87		
4 04	8,8	27,71		
4 05	8,9	27,61	0,07	0,02
4 06	8,9	27,59		
4 09	8,9	27,54		

h. m.	o	cc	cc	cc
4 13	8,9	27,49	0,11	0,015
4 16	8,9	27,43	0,03	0,005
4 23	9,0	27,40		
4 30	9,0	27,37	Le volume est constant.	
4 40	9,2	27,37		
4 56	9,5	27,39		

L'absorption complète a donc été terminée ici en 27 minutes.

Lorsque l'on considère cependant que dans toutes nos expériences la consommation de l'oxygène n'a pas dépassé un demi-centimètre cube par heure ; que, par conséquent, la quantité de l'acide carbonique produite devait être certainement plutôt moindre, et que son absorption s'effectue d'une manière continue, à mesure qu'il est produit par les plantes, on arrivera certainement à la conclusion que l'atmosphère dans notre appareil doit être à fort peu de chose près dépourvue d'acide carbonique, et que la quantité qui pourrait y être contenue est une bien faible proportion de celle qui a été absorbée dans un laps de temps même très-court : 20 minutes par exemple. Cette question est traitée longuement dans le travail publié en allemand ; nous y renvoyons ceux que cela intéresserait d'une manière plus spéciale.

Il résulte de toutes ces expériences qu'au moyen de la méthode décrite, on est à même de suivre la respiration de très-près, et de constater son intensité dix ou douze fois de suite, sans crainte de voir les résultats modifiés par des causes intérieures provenant des changements organiques de la plante, et qui ne pourraient être appréciées par l'observateur. Grâce à cette condition, on voit facilement comment cette même méthode peut servir à étudier les questions relatives à l'influence des agents extérieurs sur la respiration des plantes.

Influence de la température sur la respiration des plantes. — Cinq plants de *Tropæolum majus* ont été mis dans notre appareil. Toutes les deux heures environ, on élevait ou l'on abaissait la température en introduisant de l'eau plus ou moins chaude ou froide dans le vase extérieur. On avait soin de ne faire durer cette dernière opération que le temps absolument indispensable (2 ou 3 minutes), et l'on entretenait dans les intervalles une température qui, grâce aux dimensions considérables du vase extérieur, ne variait pendant l'observation que de quelques dixièmes de degré centigrade.

Voici le résultat obtenu :

	Temps.	Volumes.	Diminution absolue.	Diminution par heure.	Température.
	h. m.	cc	cc	cc	
12 mars.	11 35	57,07	0,74	0,53	16°,2
	1 05	56,33			
	2 10	55,62	0,26	0,78	25°,4
	2 30	55,36	0,25	0,75	
	2 50	55,11	0,26	0,76	
	3 10	54,85			
	4	53,98	0,67	1,00	32°,8
	4 40	53,31	0,32	0,96	
	5	52,99	0,77	1,03	
	5 45	52,22			
	6 30	52,08	0,88	0,52	17°,8
	8 10	51,22	0,16	0,48	
	8 30	51,06			

On voit dans cette expérience jusqu'à quel point la respiration est modifiée par la température. Il est aussi important de remarquer la vitesse avec laquelle elle arrive à un état d'intensité invariable, et comme elle se conforme à la température à laquelle on la soumet.

Ces mêmes plantes ont servi le lendemain à faire une expérience sous des températures encore plus élevées. Les mêmes cinq *Tropæolum majus* ont donné les résultats suivants :

	Temps.	Volumes.	Diminution absolue.	Diminution par heure.	Température.
	h. m.	cc	cc	cc	
13 mars.	2 30	50,94	0,69	1,14	34°,0
	3 8	50,25			
	4 13	49,26	1,02	1,07	44°,5
	5 10	48,24			

L'air de l'appareil renouvelé :

h. m.	cc	cc	cc	
5 45	49,84	1,05	1,13	44°,5
6 40	48,79	1,87	1,17	
8 16	46,92	0,47	1,17	
8 41	46,45			

On voit que l'inténsité absolue de la respiration a été à 34°,0 à très-peu de chose près la même que celle qu'on avait constatée un jour auparavant à la même température (environ 32°,8); elle ne varie plus sensiblement sous l'influence de températures plus élevées. On ne doit pas cependant oublier que nous avons affaire ici à un organisme compliqué. Les chiffres que nous obtenons expriment toujours la somme des respirations produites par différentes parties de la plante. Ainsi, par exemple, les intensités de la respiration obtenues à 45 degrés ne se rapportent plus aux parties les plus jeunes des tigelles; celles-là étaient déjà visiblement affectées, après quelques minutes, par cette température. Leurs extrémités deviennent transparentes, comme bouillies, sur une longueur d'un centimètre à peu près. Les plantes retirées après l'expérience, et leurs racines mises dans de l'eau, ont continué à vivre parfaitement sur toute leur étendue, excepté aux extrémités mentionnées, qui se sont fanées presque aussitôt. Les tigelles se sont beaucoup accrues dans leur diamètre, et ont poussé des branches latérales. Ceci prouve incontestablement qu'une température de 44°,5, étant déjà trop élevée pour les parties les plus jeunes de la tige, convient encore aux parties plus âgées et aux cotylédons. Les racines étaient si peu développées dans cette expérience, qu'on ne saurait en tirer des conclusions relatives à leur vitalité.

Si l'on considère maintenant les relations qui existent entre les températures et les intensités de respiration prises dans les limites de 16 à 35 degrés environ, on verra qu'il existe entre elles une parfaite proportionnalité. On peut en juger par le tableau suivant, où, comme on le voit, le rapport varie fort peu :

cc		o		
0,53	:	16,2	=	0,033
0,50	:	17,8	=	0,028
0,76	:	25,4	=	0,030
1,00	:	32,8	=	0,030

Nous avons aussi voulu étendre nos observations aux radicules du *Vicia Faba* détachées de leurs cotylédons et placées par leur extrémité coupée dans le réservoir (fig. 2). On a toujours opéré avec huit ou dix radicules à la fois. Les résultats ainsi obtenus, quoique satisfaisants, n'ont pas fourni cependant des chiffres aussi précis que ceux qui auraient été obtenus avec le *Tropæolum majus*, et cela à cause de la décroissance de respiration qui se fait déjà sentir dans des organes ainsi mutilés, après un laps de temps comparativement court. Cependant nous avons pu obtenir des rapports entre la respiration et la température, ainsi que l'indique le tableau suivant :

Respiration. cc		Température. °		
0,29	:	16,2	=	0,018
0,39	:	22,9	=	0,017
0,43	:	27,3	=	0,017
0,36	:	20,4	=	0,018

Dans des expériences faites antérieurement dans un autre but, des plantes appartenant à des espèces différentes ont respiré de la manière suivante :

Une plante de Sarrasin, dont la graine sèche pesait 30 milligrammes à 20 degrés, a donné par heure $0^{cc},035$; à 12°,5, a donné $0^{cc},025$.

Une plante de Froment, dont la graine pesait 60 milligrammes à 20°,5, a donné $0^{cc},043$; à 14 degrés, $0^{cc},030$.

Influence des oscillations de température sur la respiration. — Certains physiologistes ont énoncé l'opinion que les oscillations de température exercent une influence nuisible sur la croissance des organes végétaux. D'un autre côté, on a depuis longtemps constaté le fait que le mouvement du protoplasma est visiblement affecté par la même influence. Nous avons voulu nous assurer de ce qu'il en est quant à la respiration.

On a fait respirer cinq plants de *Tropæolum majus*, d'abord à une température de 19 degrés à peu près, puis alternativement aux températures de 16 et de 24 degrés, enfin de nouveau à la température primitive. Les oscillations de température étaient produites par l'introduction successive de l'appareil (au moyen du bras *e*, fig. 1), tantôt dans un cylindre contenant de l'eau à 16 degrés, tantôt dans un autre où l'eau atteignait 24 degrés. L'appareil était maintenu pendant 25 minutes de suite sous l'influence de chacune de ces deux températures. Cette opération dura entre 1 heure 15 minutes et 3 heures 40 minutes.

		Diminution			Oscillations.
Temps.	Volumes.	absolue.	par heure.	Température. Moyenne.	Moyenne par heure.
h m	cc	cc	cc	o	
22 mars. 11 25	56,94				
		0,81	0,44	18,9	2,3
1 25	56,13				
		0,96	0,40	20,3	14,2
1 15	55,17				
		0,44	0,41	20,1	0,3
3 40	54,73				
		1,59	0,42	20,9	0,4
8 35	53,14				

On voit que l'intensité de la respiration reste presque invariable ; elle correspondait à une température moyenne, malgré les grandes variations de température auxquelles les plantes ont été soumises pendant les 2 heures 25 minutes que durait l'expérience.

Quatorze jeunes plantes de Tropæolum majus, *dépourvues de racines et de cotylédons, dans des conditions analogues, ont donné le même résultat.*

		Diminution			Oscillations.
Temps.	Volumes.	absolue.	par heure.	Température. Moyenne.	Moyenne par heure.
h m	cc	cc	cc	o	
23 mars. 12 45	57,08				
		0,39	0,93	20,8	1,2
1 10	56,69				
		0,77	0,93	20,9	0,3
2	55,92				
		1,22	0,82	20,9	20,1
3 30	54,70				
		0,79	0,68	21,2	0,3
4 40	53,91				
		1,33	0,45	20,4	0,5
7 35	52,58				

Dans cette expérience, pas plus que dans la précédente, on ne reconnaît une influence sensible sur le produit de la respiration obtenu entre 2 et 3 heures 30 minutes, bien que les variations de température aient été produites ici à des intervalles encore plus éloignés. Les chiffres décroissent d'une manière continue, parce que nous avons affaire ici à des organes séparés de leurs sources vitales. Il semble cependant que l'abaissement subit de la température ne laisse pas que d'avoir une influence nuisible sur la respiration, alors même que cet abaissement ne dépasse pas les limites de la température favorable. Ainsi, par exemple, cinq plants de *Tropæolum majus* (dans l'expérience du 12 mars mentionnée plus haut) ont respiré :

			Diminution		
	Temps.	Volumes.	absolue.	par heure.	Température.
				cc	o
			auparavant	0,53	16,2
	h m	cc			
12 mars.	1 05	56,33	0,71	0,66	passage subit à 25°
	2 10	55,62			
			entre deux	0,76	25,4
	3 10	54,85	0,87	1,00	passage subit à 33°
	4	53,98			
			entre deux	1,00	32,8
	5 45	52,22	0,16	0,19	passage subit à 17°
	6 30	52,08			
			ensuite	0,50	17,8

Il résulte de cette expérience, comme des précédentes, que, dans les variations de température, une élévation subite ne produit pas d'effet nuisible sur la respiration ; mais qu'il se produit par contre une diminution d'intensité quand la température baisse subitement. Ainsi, par exemple, la température étant tombée à 5 heures 45 minutes, de 32°,8 à 17°,8, la respiration ne présente plus (entre 5 heures 45 minutes et 6 heures 30 minutes) l'intensité qu'elle aurait dû avoir à la dernière température (17°,8), car elle n'est que 0,19, tandis qu'auparavant elle était, à la température de 16°,2, = 0,53. Cependant on doit aussi remarquer que déjà, à partir de 6 heures 30 minutes, elle reprend son intensité normale. On voit, en somme, que l'influence du changement de température ou bien ne produit aucune influence sur la respiration, ou bien, en tout cas, seulement une influence de très-courte durée, de sorte qu'on ne pourrait trouver aucune analogie entre les faits ci-dessus mentionnés et les résultats que l'on avait obtenus concernant la croissance en longueur des plantes, en soumettant ces dernières à des variations de température. M. Koeppen trouve, par exemple, que la légère variation d'un quart de degré par heure produit déjà dans la croissance un retard d'à peu près 100 pour 100. En presence des faits mentionnés, nous aurions désiré voir confirmer par d'autres les résultats obtenus par M. Koeppen ; seulement nous recommanderons pour la pratique de ces expériences d'éliminer l'action d'une humidité inappréciable du terrain qui, inégale dans les différents moments de l'expérience, est capable d'infirmer la valeur du résultat. De pareilles expériences, à notre avis, ne pourraient être exécutées qu'en faisant croître les plantes avec leurs racines plongées dans de l'eau ayant une température connue, et non, comme l'a fait M. Koeppen, dans de la sciure de bois, du sable, de la laine, ou dans un autre corps poreux.

La lumière a-t-elle une influence appréciable sur la respiration des plantes?

Tout le monde sait que la croissance en longueur des plantes (*Längenwachsthum*) est très-sensiblement affectée par la lumière. Si l'on pouvait admettre une analogie complète entre la respiration et l'accroissement en longueur, on serait indubitablement venu à la conclusion que la lumière doit posséder une influence marquée sur la respiration. Dans le cas contraire, on aurait eu ici un fait d'une grande importance pour ce qui concerne toute théorie touchant la croissance en général.

Dans toutes les expériences que nous avons faites sur ce sujet, nous avons eu soin d'éclairer les plantes, ou bien pendant un laps de temps trop court pour provoquer un verdissement de leurs folioles ou de leurs tigelles, ou bien à une lumière si faible (diffuse), que le verdissement n'aurait pu s'effectuer que dans un temps comparativement beaucoup plus long. Néanmoins nous avons été à même de provoquer dans les tigelles soumises à l'expérience des accroissements en longueur trois, quatre et cinq fois plus forts dans l'obscurité que sous l'influence de la lumière.

Dans le cours de ces expériences, nous avions affaire à quelques difficultés nouvelles, dont la principale consistait à obscurcir l'appareil, sans provoquer un changement de température notable. On trouvera des indications plus détaillées dans le travail publié en allemand ci-dessus mentionné. Qu'il nous suffise ici de constater le fait que, dans une longue série d'expériences, il nous a semblé avoir constaté une influence appréciable de la lumière *en faveur de la respiration*, quand même cette influence, par sa faible valeur, ne pouvait présenter aucune analogie avec celle qui se faisait valoir dans l'accroissement.

Mais plus nous mettions d'exactitude dans nos travaux, plus nous devenions maîtres des difficultés expérimentales, qui exigeaient principalement de conserver une température parfaitement égale, plus nous arrivions à l'évidence de ce fait : Que l'influence de la lumière sur la respiration des plantes est inappréciable, et ne se trouve dans aucun rapport avec l'accroissement en longueur.

Dans toutes les expériences suivantes, on éclairait ou obscurcissait l'appareil en ouvrant et fermant alternativement les volets du laboratoire.

Huit plantes de Tropæolum *dont les tiges avaient une longueur de* 70-90 *millim., dépourvues de cotylédons et de feuilles, ont respiré :*

		Oxygène consommé			
Temps.	Volumes.	absolu.	par heure.	Température.	Éclairage.
h m	cc	cc	cc	o	
3 mars. 7 15	60,66				
		0,49	0,25	15,3	Obscurité.
9 15	60,17				
		0,45	0,30	15,8	Lumière blanche.
10 45	59,72				
		0,36	0,24	15,5	Obscurité.
[12 15]	59,36				
		0,41	0,27	15,5	Lumière bleue (1).
[1 45]	58,95				
		0,50	0,33	15,4	Obscurité.
[3 15]	58,45				
		0,41	0,27	15,5	Lumière bleue.
[4 45]	58,04				
		0,71	0,24	15,7	Obscurité.
[7 45]	57,33				
		2,77	0,25	13,7	Obscurité.
6 50	54,56				

Huit racines de Vicia faba, *de près de* 40 *millimètres de long chacune, ont donné les résultats suivants :*

		Oxygène consommé			
Temps.	Volumes.	absolu.	par heure.	Température.	Éclairage.
	cc	cc	cc	o	
4 mars. 9 h.	62,93				
		0,57	0,57	17,0	Clair.
10	62,36				
		0,57	0,57	17,0	Obscurité.
11	61,79				
		0,76	0,51	16,8	Clair.
12 30	61,03				
		0,69	0,46	16,9	Obscurité.
2	60,34				
		0,73	0,49	16,8	Clair.
3 30	59,61				
		0,73	0,49	16,9	Obscurité.
5	58,88				

(1) La lumière bleue était produite dans ce cas au moyen d'une solution ammoniacale de cuivre.

Quatorze plantes de Tropæolum, *sans cotylédons, sans racines et sans feuilles :*

	Temps.	Volumes.	Oxygène consommé		Température.	Éclairage.
			absolu.	par heure.		
	h m	cc	cc	cc	°	
6 mars.	11 25	51,32				
			0,37	0,37	17,6	Obscurité.
	12 25	50,95				
			0,34	0,34	17,7	Soleil direct.
	1 25	50,61				
			0,34	0,34	17,5	Lumière diffuse.
	2 25	50,27				
			0,38	0,38	17,6	Obscurité.
	3 25	59,89				

Nous croyons donc pouvoir affirmer avec certitude que la croissance en longueur est un phénomène qui n'a rien de commun avec la respiration, et qu'on ne peut considérer l'un de ces phénomènes comme pouvant servir de mesure pour l'autre. Ceci est un fait que toute théorie sur la croissance en général et sur l'héliotropisme en particulier ne doit pas perdre de vue.

OBSERVATIONS

SUR

LES PANDANÉES DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

Par M. Ad. BRONGNIART.

L'étude des Palmiers de la Nouvelle-Calédonie, dont j'ai communiqué les principaux résultats à l'Académie en 1873 (séance du 11 août 1873), m'avait conduit à examiner d'autres Monocotylédones arborescentes de ce pays, les Pandanées, et dès le mois d'avril de cette année j'annonçais à la Société botanique (séance du 18 avril 1873) que l'étude de ces plantes m'avait conduit à reconnaître que le mode d'agrégation des fruits et l'inflorescence mâle me paraissaient fournir des caractères génériques de première valeur. Espérant recevoir des matériaux plus complets pour l'étude de ces végétaux, j'ai attendu jusqu'à présent pour faire connaître les résultats déjà obtenus; mais, ces compléments tardant à me parvenir, je pense qu'en publiant ce que j'ai pu observer, j'attirerai l'attention des voyageurs sur ces plantes remarquables et qu'on en obtiendra peut-être ainsi des matériaux utiles pour la science.

Le genre *Pandanus*, fondé par Linné (*Suppl.*, p. 424), d'après les indications données par Forster, Rheede et Rumphius, sur une espèce qu'il a nommée *Pandanus odoratissimus*, est devenu le centre d'un groupe nombreux d'espèces, toutes rattachées génériquement à ce premier type. Elles en avaient, en effet, le mode de végétation et les caractères généraux, mais elles offraient des différences très-nombreuses auxquelles on n'avait pas donné une importance suffisante, par suite de l'état très-imparfait des collections en ce qui concernait ces arbres monocotylédonés, la plupart n'étant représentés que par des fruits souvent mal conservés, sans feuilles ni fleurs.

Notre ancien confrère Gaudichaud, après en avoir observé plusieurs espèces pendant ses longs voyages, entreprit une étude approfondie des matériaux réunis dans les collections de Paris; de très-belles figures publiées dans l'*Atlas botanique du Voyage de la Bonite* représentent les fruits qu'il avait étudiés dans les collections du Muséum d'histoire naturelle, de Delessert et de Webb, et qu'il avait classés dans des genres distincts et nombreux.

Malheureusement pour ces plantes, comme pour tant d'autres figurées dans ce superbe atlas, aucun texte n'a été publié, et les caractères sur lesquels ces genres ont été établis ne sont pas exprimés par des phrases distinctives. On peut cependant les constater d'après les figures très-fidèles qui représentent ces divers genres (1).

Nous croyons que ce serait manquer de justice que de ne pas admettre la nomenclature de Gaudichaud toutes les fois que les caractères qu'il a signalés dans ses figures sont faciles à reconnaître.

Depuis cette publication, quelques savants, s'appliquant plus spécialement à l'étude des plantes asiatiques, auxquelles appartiennent la plupart des Pandanées, ont cherché à établir des coupes dans ce grand genre, soit comme sections, soit comme genres distincts : tels sont les travaux de MM. Miquel, de Vrièse et Kurz. Je ne puis ici discuter les résultats de leurs études, et je veux me borner à quelques observations que m'ont fournies les espèces recueillies à la Nouvelle-Calédonie, en ce qui concerne soit les fruits de ces plantes, soit les fleurs mâles qui présentent, dans quelques-unes de ces espèces, une organisation très-différente de celle qui leur était assignée jusqu'à ce jour.

---

(1) Les planches de l'Atlas botanique du *Voyage de la Bonite* ne sont accompagnées d'aucun texte explicatif, et l'origine même des espèces figurées ne se trouve pas indiqué; mais la plupart des espèces représentées font partie des collections du Muséum d'histoire naturelle de Paris, et nous avons pu y constater l'origine géographique de ces plantes. Nous croyons être utile aux personnes qui consulteront cet atlas en donnant à la suite de cette notice l'indication des localités d'où proviennent les diverses Pandanées figurées dans cet ouvrage. Le petit nombre d'espèces qui manquent aux collections du Muséum appartiennent probablement aux collections Delessert, appartenant actuellement à la ville de Genève, et aux collections de Webb, qui font partie du musée de Florence.

Quant aux fruits, on a généralement distingué les *Pandanus* à ovaires et à carpelles isolés, et ceux à carpelles ou nucules agrégés en phalanges, pour employer l'expression de R. Brown et de Griffith, ou en *syncarpium*, suivant le terme employé par d'autres auteurs; mais ces phalanges me paraissent être le résultat de deux dispositions très-diverses. Dans les vrais *Pandanus* (*P. odoratissimus* et espèces voisines), ainsi que dans les *Vinsonia* de Gaudichaud, qui en diffèrent peu génériquement, ces nucules sont réunies en un cercle assez régulier autour de quelques-unes qui occupent le centre de la phalange; elles sont toutes dirigées vers ce centre, comme on peut le reconnaître à la direction des stigmates et à l'insertion des graines dans les nucules.

Dans d'autres espèces, les phalanges aplaties, comprenant généralement un nombre moindre de carpelles, montrent ces carpelles disposés en un seul rang, ayant tous leur stigmate dirigé vers le sommet de l'inflorescence générale ou cephalium: c'est le caractère que présente le *Barrotia tetrodon* de Gaudichaud, que je considère comme le type de ce genre. Les *Barrotia diodon* et *monodon* du même auteur ont une organisation très-différente; les dents qui les terminent surmontent un stigmate simple qui correspond à un carpelle isolé et monosperme. C'est la première de ces espèces, *Pandanus furcatus* Roxb., qui a servi de type au genre *Rickia*, établi par de Vrièse, et qui me paraît devoir être maintenu; quant au *Barrotia tetrodon*, que je désignerai sous le nom de *Barrotia Gaudichaudii*, ses fruits sont composés de phalanges de deux ou trois carpelles, surmontées d'autant de stigmates dressés, formant ainsi deux ou trois dents et non quatre.

Ce genre *Barrotia* me paraît avoir des espèces assez nombreuses à la Nouvelle-Calédonie. Elles seraient au nombre de sept, en effet, si l'on y place deux espèces qui s'éloignent des autres par quelques caractères; ce genre est remarquable non-seulement par ses fruits, mais aussi par la structure de ses fleurs mâles, qui diffèrent à beaucoup d'égards de celles déjà connues dans cette famille.

Les vrais *Pandanus*, dont les fleurs mâles ont souvent été observées soit sur des échantillons spontanés, soit dans nos serres, présentent des inflorescences mâles composées d'épis nombreux naissant à l'aisselle de grandes bractées, qui dépassent ordinairement les épis eux-mêmes; ceux-ci portent des étamines nombreuses, diversement disposées; le genre *Rickia* ou *Pandanus furcatus* Roxb., dont la fleur mâle a été bien décrite et figurée par Miquel (*Analecta botanica indica*, pars II, p. 10, tab. II), n'en diffère à cet égard que par des caractères peu importants.

Un échantillon en fleurs et en fruits du *Pandanus monticola* Müll., que le Muséum a reçu de M. Müller lui-même, et qui appartient de la manière la plus évidente au genre *Fisquetia* de Gaudichaud, ne présente aussi dans ses fleurs mâles que de faibles modifications : l'inflorescence générale et la disposition des étamines diffèrent très-peu de celles des vrais *Pandanus*.

Il n'en est pas de même des *Barrotia* et des *Bryantia* de Gaudichaud, ainsi qu'on va le voir par l'étude des espèces de ces deux genres qui croissent à la Nouvelle-Calédonie, dont nous allons nous occuper spécialement.

La flore de la Nouvelle-Calédonie comprend, en effet, des Pandanées se rapportant à trois genres bien distincts :

1° Les vrais *Pandanus* représentés par deux espèces.

L'une, qui ne me paraît pas différer du *Pandanus odoratissimus*, a de très-gros cephalium sphériques, formés d'un assemblage de phalanges ou syncarpium composés de sept à dix ovaires ou nucules, soudés, disposés en deux rangées, l'une extérieure, de cinq à sept, et l'autre intérieure, de deux ou trois, dont les sommets peu saillants, arrondis, sont cependant bien distincts.

L'autre, à capitules ou cephalium moins gros (10 à 12 centimètres de diamètre), composés de phalanges comprenant un moindre nombre d'ovaires, se rapproche beaucoup, ainsi que l'avait admis M. Vieillard, d'une des formes du *Pandanus pedun-*

culatus R. Br., communiquée par M. Ferdinand de Müller comme croissant dans l'Australie tropicale.

2° Les *Barrotia*. Leurs cephalium n'ont plus la forme sphérique de celui des vrais *Pandanus;* ils sont elliptiques ou même très-allongés, leur longueur dépassant souvent trois fois leur largeur, et présentant ordinairement une forme de prisme trièdre à angles obtus et arrondis. Les ovaires, dans les espèces types, sont réunis deux, trois et même quatre ou cinq en une seule rangée transversale, surmontés de stigmates dressés formant une série de lobes ou dents, dont la surface stigmatique occupe une des faces et est dirigée vers le sommet du cephalium.

Cinq espèces bien distinctes offrent cette organisation du fruit, et l'une d'elles (*Barrotia altissima* — *Pandanus altissimus*, Panch., *in coll.*) présente une inflorescence mâle très-différente de celle des vrais *Pandanus*.

Une autre espèce semble s'éloigner des précédentes par ses phalanges composées d'un plus grand nombre d'ovaires disposés sur deux rangs, et dont les stigmates paraissent se regarder, autant qu'on peut en juger sur des fruits adultes où ces organes sont en partie effacés ; mais cette espèce (*Barrotia macrocarpa*, *Pandanus macrocarpus?* Vieill., *Pl. utiles de la Nouv.-Caled.*, p. 24) présente une inflorescence mâle tout à fait semblable à celle du *Barrotia altissima*, et confirme sa position dans ce genre.

Une dernière espèce s'éloigne des précédentes par ses ovaires simples, isolés, mais surmontés d'un stigmate dressé, unilatéral, très-analogue à celui des espèces précédentes ; des échantillons plus complets seraient nécessaires pour fixer avec certitude sa position générique.

Quant à l'inflorescence mâle observée sur deux espèces, *Barrotia altissima* et *macrocarpa*, elle me paraît fournir un des caractères essentiels de ce genre : elle consiste en un épi simple terminant un rameau allongé, flexueux, portant de grandes bractées espacées, jaunâtres à l'état sec, paraissant d'une texture moins sèche que les feuilles, très-lisses, à nervures très-fines ; l'épi mâle lui-même offre un axe cylindrique, charnu, continu, sans bractées spéciales à sa base ni dans son étendue, d'environ 15 à 20 millimètres de diamètre sur 30 à 40 centimètres de long, tout couvert de disques arrondis ou elliptiques, ou un peu hexagonaux par suite de leur contiguïté dans la jeunesse, supportés chacun par une sorte de stipe charnu qui s'élargit pour constituer ce disque terminal en forme de tête de clou. Vers le sommet de ce support charnu, et surtout du côté supérieur, autant que j'ai pu le constater, et dans la partie qui s'élargit pour former le disque terminal, se trouve inséré un grand nombre d'étamines étalées ou presque réfléchies, dont les filets, très-courts et distincts, se terminent par une anthère linéaire acuminée, s'ouvrant par deux fentes presque opposées, comme celles des autres Pandanées.

La disposition de ces disques rappelle un peu, mais en beaucoup plus grand, les épis des *Equisetum;* on voit qu'elle n'a aucun rapport avec l'inflorescence mâle observée jusqu'à ce jour dans les autres Pandanées, et qu'elle vient confirmer la distinction du genre *Barrotia*. Comme je l'ai dit, quatre autres espèces dont on n'a pas encore observé les fleurs mâles doivent sans doute rentrer dans ce genre; je les décrirai avec plus de détail à la suite de cette étude générale.

3° Les *Bryantia* constituent un genre établi par Gaudichaud sur une seule espèce, le *B. butyrophora* (Webb, in Gaud., *Bonite*, pl. 20), d'après un fruit provenant des collections de Labillardière, mais dont l'origine première est inconnue (1).

Deux des Pandanées de la Nouvelle-Calédonie paraissent rentrer dans ce genre, quoiqu'elles présentent dans la forme de leur stigmate, comparé à celui de l'espèce type, des différences assez notables, qui permettent d'en former une section spéciale, que je désignerai sous le nom de *Lophostigma*, qui devra peut-être constituer un genre distinct.

---

(1) Ce *Bryantia butyrophora* de Webb, dont quelques nucules conservées au Muséum portent le nom de *Kaida* et l'indication Labillardière, ne serait-il pas la plante désignée par Rumphius sous le nom de *Pandanus ceramicus* (Herb. amb., IV, n° 79), dont les fruits sont couverts d'une matière grasse, employée comme le beurre dans la cuisine par les habitants de ces îles.

Leurs cephalium, très-volumineux, sont ellipsoïdes ou plutôt ovoïdes (longueur, 30 centimètres; largeur, 18 centimètres) dans une des espèces (*B. viscida*); très-allongés, cylindroïdes (longueur, 25 centimètres; largeur, 10 centimètres), ou plutôt obtusément prismatiques à trois faces dans l'autre (*B. oblonga*, *Pandanus Minda?* Vieill.) (1). Dans toutes les deux, ils sont composés d'un nombre considérable de drupes simples, prismatiques, hexagonales, terminées par une surface plane comme tronquée, dont le bord, correspondant au sommet du cephalium, porte un stigmate dressé formant une sorte de languette saillante dont la face oblique, dirigée vers le sommet du céphalium, est occupée par la surface stigmatique. Dans le type de ce genre, *Bryantia butyrophora*, le stigmate est également unilatéral, mais il se présente, comme l'indique la figure de Gaudichaud, sous forme d'un petit disque arrondi, sessile, au-dessous du sommet tronqué des nucules. Malgré cette différence très-prononcée, je n'ai pas osé séparer génériquement les espèces de la Nouvelle-Calédonie tant que les autres caractères de la plante qui a servi de type à ce genre ne seront pas mieux connus.

Les deux espèces qui nous occupent ne diffèrent évidemment que par des caractères spécifiques; elles sont parfaitement identiques dans tous les points essentiels de leur organisation. L'une d'elles nous montre sur un échantillon recueilli par M. Pancher l'inflorescence mâle, malheureusement très-altérée par la conservation en herbier d'organes très-charnus. On peut cependant y reconnaître une structure très-différente de celle des vrais *Pandanus* et des genres analogues, ainsi que de celle indiquée ci-dessus dans les *Barrotia*.

Comme dans ceux-ci, l'inflorescence mâle paraît terminer un rameau trigone de 3 à 4 décimètres de long, portant un certain nombre de feuilles florales espacées, marquées de nervures très-nombreuses et très-prononcées, et se terminant par un sommet triquètre à arêtes finement dentées. Le spadice qui fait suite à ce rameau, quoique brisé, devait avoir environ 3 décimètres de long ; il paraît avoir été charnu, anguleux et donner naissance à des divisions dressées, également charnues et anguleuses, sans indices de bractées à leur origine : toutes les parties semblent continues. Les angles ou sortes de crêtes de ce spadice et de ses divisions se prolongent en mamelons ou pédicelles charnus, coniques, qui paraissent porter à leur extrémité atténuée de nombreuses étamines à anthères oblongues, sessiles ou brièvement pédicellées. L'altération de ces organes ne nous a pas permis de mieux apprécier leur disposition ; mais il est évident qu'il y a là une structure très-spéciale qui confirme la distinction générique de ces plantes. L'espèce type de ce genre présentera-t-elle dans son inflorescence mâle les mêmes caractères, de manière à confirmer la réunion de ces espèces dans un même genre ? C'est ce que de nouvelles recherches pourront seules décider.

---

(1) Je n'ai pas conservé le nom de *Minda* à cette espèce, quoiqu'elle ait été désignée par M. Pancher sous ce nom, comme étant le *Pindanus Minda* de Vieillard, la description donnée par M. Vieillard de son *P. Minda* ne pouvant s'appliquer au genre *Bryantia*.

J'ai voulu, dans cette notice, montrer non-seulement l'importance, déjà signalée par Gaudichaud, de l'examen attentif des fruits des *Pandanus*, surtout en ce qui concerne la forme et la disposition des stigmates, mais aussi celle de leurs fleurs mâles, beaucoup plus variées qu'on ne l'avait cru jusqu'à présent.

Je vais donner la description plus complète des espèces propres à la Nouvelle-Calédonie, qui, jointe à quelques figures, me permettra de mieux préciser les faits que je viens de signaler.

I. PANDANUS L. (Gaud., *emend.*).

Flores masculi: panicula, racemis lateralibus composita, bracteis sæpe longioribus foliaceis stipatis ; staminibus pluribus in stipitibus numerosis racemosim insertis vel ex apice stipitum cymosim nascentibus; antheris linearibus basifixis bilobis, rimis longitudinalibus dehiscentibus.

Flores fœminei in capitulo seu cephalio sphærico vel subsphærico aggregatis, phalangis e pluribus ovariis concentricis compositis, stigmatibus sessilibus hippocrepicis.

Fructus : cephalium sphæricum, syncarpiis turbinatis basi angustata affixis, carpellis concentrice sæpe biseriatis, apice discretis nec confluentibus, mamillas obtusas vel lobos conicos distinctos efformantibus, stigmatibus sessilibus, hippocrepicis vel reniformibus, scissura centrum versus spectante, sæpe effetis.

Le genre *Pandanus*, ainsi réduit au *P. odoratissimus* de Linné et aux espèces qui partagent ses caractères les plus essentiels, est très-difficile à diviser spécifiquement ; nos collections ne renferment le plus souvent que des fruits, et même seulement quelques-unes des phalanges, dont la réunion constitue les gros capitules ou cephalium de ces végétaux.

Ni feuilles, ni fleurs, n'accompagnent ces fruits, de sorte que les échantillons en fleurs mâles, souvent conservés en herbier, ne peuvent pas être rattachés avec certitude aux fruits déposés dans les collections, ou recueillis le plus souvent soit à d'autres époques, soit même par d'autres voyageurs. En examinant les inflorescences mâles de l'herbier du Muséum, j'ai reconnu que la plupart de ceux attribués au *P. odoratissimus* présentaient une organisation assez différente de celle signalée dans d'autres *Pandanus* par les auteurs modernes.

Dans l'*Énumération* de Kunth, on trouve seulement cette indication générique : *Stamina plurima conferta*. Les descriptions plus récentes semblent indiquer seulement des étamines fasciculées, les filets étant réunis par leur base en conservant l'apparence molle qui leur est propre.

Dans la description du *P. odoratissimus*, le même auteur dit seulement : *Stamina per plura inferne fasciculato-connata*.

Cependant l'examen des échantillons mâles de cette espèce, provenant du jardin de Calcutta, montre une structure très-différente : du rachis des grosses grappes, qui naissent à l'aisselle des grandes bractées de l'inflorescence, s'élèvent de nombreux petits rameaux ou rachis secondaires très-rigides, ayant la même couleur et le même aspect que le rachis de l'épi lui-même. Ces petits axes secondaires portent de nombreuses étamines qui naissent successivement depuis une petite distance de leur base jusqu'à leur sommet, et sont formées d'un filet court et rigide et d'une anthère terminale.

Cette organisation se retrouve dans plusieurs espèces de *Pandanus*, telles que le *P. moschatus* Rumph. (*inermis* Roxb. ex Wall.), dans une des espèces des îles Sandwich rapportée par Gaudichaud, et particulièrement dans celles de la Nouvelle-Calédonie (1).

D'autres espèces offrent de même des stipes rigides, colorés, assez longs, naissant du rachis des épis de l'inflorescence, et portant vers leur sommet un assez grand nombre d'étamines formant une petite cyme : tel est le *Pandanus crassipes* de Wallich, et quelques espèces de l'Inde et de Madagascar, souvent confondues avec le *P. odoratissimus*.

Un *Pandanus* cultivé au Muséum sous le nom de *P. odoratissimus*, qui a fleuri en 1846, offre encore un autre type qui indique une détermination inexacte, et rapproche cette plante du *Pandanus furcatus*, dont M. Vrièse a formé le genre *Rickia*. Les filets des étamines semblent ici soudés en une colonne monadelphe, se divisant en six à huit filets distincts : c'est la structure qu'on paraissait disposé à attribuer à tous les *Pandanus*, et que je retrouve dans le *Pandanus utilis*, type du genre *Vinsonia* de Gaudichaud, qu'il contribuerait ainsi à distinguer des vrais *Pandanus*. C'est peut-être à ce genre qu'appartient le *Pandanus* qui a fleuri au Muséum.

---

(1) Cette organisation des fleurs mâles de ces trois Pandanées se trouve déjà très-bien décrite par Linné dans le *Supplementum plantarum systematis vegetabilium*, 1781, soit dans le caractère naturel du genre (p. 64), soit avec plus de détails à l'occasion de l'espèce primitive (p. 424). Linné considérait l'axe des grappes mâles comme portant de petits axes secondaires formant des chatons, composées de pointes terminées par des anthères sessiles. Le *Supplementum* de Linné étant moins répandu dans les bibliothèques, je crois qu'il peut être utile de rapporter textuellement ce passage intéressant : « Inflorescentia masculina ; racemi compositi, thyrsiformes, in apice ramorum inter suprema folia provenientes, in singula axilla solitares, sessiles, breves, divisi in amenta simplicia, approximata, brevissima, hæc in dentes breviores, patentes, anthera lutea terminatos. » Et Linné ajoute : « Mira fructificatio cujus simile nescio ; an amentum nudum potius dicenda ? »

On voit combien il y aurait d'intérêt, pour l'étude complète de cette famille remarquable, à réunir des matériaux qui permettraient, pour la plupart des espèces, d'étudier les fleurs mâles et les fruits, soit en les réunissant simultanément ou successivement dans le même lieu sur des individus bien évidemment de la même espèce, soit en s'assurant de leur identité par la similitude complète des feuilles.

1. PANDANUS ODORATISSIMUS L. var.

Pandanus Linnæi Gaud., *Bonite*, pl. 22, fig. 1-6.

Cette espèce est citée par M. Vieillard comme commune à la Nouvelle-Calédonie, et une grosse tête de fruits, conservée au musée de Caen sous le nom de *Pandanus macrocarpus*, paraît lui appartenir. Les galeries du Muséum possèdent peu d'échantillons appartenant avec certitude à cette espèce ; ils consistent en un gros capitule complet, très-ancien dans les collections, mais sans origine certaine ; en quelques phalanges probablement de même origine. Ces échantillons ont été désignés par Gaudichaud sous le nom de *P. Linnæi* adopté par lui pour le type du *P. odoratissimus*. Deux fruits partiels ou phalanges, provenant de la Nouvelle-Hollande tropicale, ont été adressés au Muséum par M. F. Müller comme *P. odoratissimus*, et paraissent en effet à peine différents des précédents ; ils sont un peu plus gros, et les mamelons qui les terminent sont plus obtus. Un échantillon de Madagascar rentre encore bien dans ce type.

Nos collections de la Nouvelle-Calédonie ne renferment pas d'échantillons provenant de cette île se rapportant à cette espèce, qui paraît avoir été négligée par les collecteurs, probablement par suite même de sa fréquence.

Mais il y a un fruit désagrégé recueilli à l'île Lifou, une des îles Loyalty, qui diffère peu du *Pandanus odoratissimus*, et particulièrement de la figure donnée par Gaudichaud de son *Pandanus Linnæi* (*Bonite*, pl. 22, fig. 1). Cependant les sommités des carpelles, qui forment autant de mamelons sur l'extrémité libre de chaque phalange, sont plus saillantes, plus pyramidales ; elles ne sont pas déprimées comme dans les échantillons que nous citions plus haut.

La surface extérieure du pourtour de ces phalanges est marquée de sillons assez prononcés, surtout vers le sommet, provenant de la séparation plus marquée des divers carpelles au nombre de 10 à 12, qui constituent ces phalanges. Par ces caractères, ce fruit diffère très-sensiblement des échantillons de la Nouvelle-Hollande tropicale que nous indiquions précédemment; ils se rapprochent un peu d'une des formes du *P. pedunculatus* des mêmes contrées que M. F. Müller nous a envoyé, et qui nous paraît le vrai *P. pedunculatus* de R. Brown.

Nous n'avons pas de feuilles du *Pandanus* de l'île Lifou. Un fragment de chaton mâle provenant de la même localité, donné par M. Pancher, présente de petits rachis staminifères de 15 à 20 millimètres de long, portés en grand nombre sur l'axe de la grappe mâle, et sur lesquels s'insèrent presque depuis la base jusqu'au sommet de très-nombreuses étamines à filets très-courts, simples et rigides, portant des anthères linéaires, terminées par un petit mucron. Les bractées qui accompagnent ces chatons sont lancéolées et atténuées en pointe aiguë ; elles sont rigides et fortement striées.

Les fruits ont dû former un fort capitule sphérique, dont l'axe et une partie des phalanges séparées nous sont seuls parvenus (Balansa, n° 2255). Ces phalanges, de forme très-variable, ont de 5 à 6 centimètres de hauteur sur 2 à 3 centimètres de diamètre au sommet ; elles sont ainsi obpyramidales et un peu élargies vers le milieu.

Les carpelles, au nombre de 10 à 12, sur deux rangs, qui les constituent, sont indiqués sur le pourtour de ces phalanges par des sillons plus ou moins marqués, qui les séparent surtout vers le haut ; chacun de ces carpelles est terminé supérieurement par un sommet pyramidal de 6 à 7 millimètres de saillie, tronqué et terminé par un stigmate transversal, réniforme, ou plutôt arrondi, et échancré du côté central, mais le plus souvent détruit ou altéré sur ces fruits mûrs.

Je dois ici faire remarquer qu'il est très-difficile de déterminer à quelle plante on doit appliquer le nom de *Pandanus odoratissimus* donné par Linné à l'espèce de *Pandanus* qu'il a connue en premier. Est-ce au *Pandanus* de Rumphius, qui a le premier donné ce nom latin au *Pandang* des Malais?

Mais les figures de l'*Herbarium amboinense* citées par Linné, pl. 74 à 81, paraissent appartenir, d'après Rumphius, à plusieurs espèces différentes, et celle, pl. 74, que les auteurs modernes ont continué à citer, n'appartient probablement pas au *P. odoratissimus* de la plupart des auteurs : la planche 81 de son *Folium bugea maritimus* le représente bien mieux.

Il en est de même du *Kaida* de Rheede (*Hort. malab.*, II, tab. 1-5). Le fruit, table 5, est évidemment tout à fait différent de celui du *P. odoratissimus;* mais Linné avait cité les planches 1 à 8, et c'est la planche 6 du *Kaida taddi* qui paraît seule représenter le *Pandanus odoratissimus* des auteurs modernes,

Évidemment les citations de Linné s'appliquent plutôt au genre *Pandanus* qu'à l'espèce même, qu'il ne pouvait pas bien définir, et dont les caractères sont fondés sans doute sur des échantillons appartenant à des espèces et même à des genres différents, comme je l'ai signalé plus haut. La première bonne représentation du *Pandanus odoratissimus* me paraît être la figure de Roxburgh (*Plant. Coromand.*, pl. 94-96), citée par Kunth comme type de cette espèce.

2. Pandanus fragrans Gaud.?

Caulis ramosissimus (ex Balansa).

Folia (an superiora breviora?) 0,5 longa a basi ad apicem attenuata, basi 0,05 late medio 0,03, apice longe acuminata filiformia triquetra, margine ima basi tantum integra, ultra dense aculeata, aculeis obliquis incurvis, apicem versus minoribus et valde approximatis, nervo medio infra carinato, basi inermi vel remote aculeato, ultra medium dense aculeolato et in apicem triquetrum desinente; nervi laterales primarii ad paginam superiorem nulli.

Inflorescentia mascula, ramum gracilem foliis remotis penden-

tem superans, folia floralia gradatim decrescentia, inferiora longiora lanceolata in acumen longum desinentia, argute denticulata; superiora breviora, racemis antheriferis tamen duplo vel triplo longiora lanceolata et dorso carinata, acuta nec acuminata, tenuiora et vix margine denticulata (colorata?). Racemi antheriferi axillares, ramo gracili (5 mill. crasso) inserti et basi plus minusve adnati, rachi proprio angusto rigido undique stipitibus seu rachibus secundariis onusti, staminibus numerosis undique tecti, basi tantum nudi. Stamina : filamenta brevia rigida antheras terminales lineares sustinentia; antheræ bilobæ, lobis lineis longitudinalibus suboppositis dehiscentibus, connectivo in mucrone brevi desinente.

Inflorescentia fœminea, ramum paulo crassiorem ramo masculo superans; foliis superioribus distantibus longe lanceolatis attenuatis et in acumine longo desinentibus, supremis ut videtur trifariis in involucro infra spadicem confluentibus et decrescentibus. Spadix subsphæricus vel ellipsoideus 5 cent. latus, cephalium constituens e phalangibus pistillorum sub hexagonis approximatis. Phalanges plerumque ex ovariis senis externis ex uno centrali carnosis connatis constitutæ, stigmatibus sessilibus obliquis hippocrepicis.

Fructus : cephalium subsphæricum diametro 10-13 cent.; syncarpiis sæpius mamillis stigmatiferis externis 6 rarius 5 vel 7, et centralibus 1 vel 2, oblongo-obovatis inferne fibrillosis, superius angulatis sub hexagonis lævissimis nec sulcatis, tuberculis vel mamillis pyramidatis totidem superatis, stigmatibus sæpius effetis.

Hab. — Nouv.-Calédonie (Pancher). Sables maritimes près l'embouchure de la Nera (*fl. masc.*, mars 1869, Balansa, n° 920). — Sables maritimes près de Nouméa (*fl. masc. et fœm.*, décembre 1868, Balansa, 920ª). — Canala, bords de la mer (*fruct.*, Balansa, 2255ª).

En appliquant à cette espèce le nom de *Pandanus fragrans* de Gaudichaud, je me base non-seulement sur la figure qu'il en a publiée, mais aussi sur les échantillons mêmes conservés au

Muséum de deux phalanges du fruit, étiquetées par Gaudichaud lui-même sous ce nom, et provenant des îles Mariannes.

Il n'y a aucune différence appréciable; mais ces fruits ressemblent aussi beaucoup à des échantillons de la Nouvelle-Hollande, envoyés par M. Ferdinand de Müller comme appartenant au *Pandanus pedunculatus* de R. Brown.

Je remarque seulement que, sous ce nom, le savant explorateur de la flore australienne me paraît avoir réuni deux espèces très-différentes par la forme des fruits. L'une me paraît mieux convenir à la courte diagnose de R. Brown, *Prodr.*, 34, «*phalangibus druparum* 8-12 *locularibus, apice conico lobato, basi subangustata* ».

Les phalanges sont en effet profondément lobées, à mamelons très-saillants, coniques. Ces lobes sont seulement moins nombreux, six sur un échantillon, neuf sur l'autre.

Le premier est indiqué comme provenant de l'île Percy, l'autre de l'Australie tropicale orientale. L'autre forme, qui me paraît se rapporter au *Pandanus fragrans* Gaud., et par conséquent à notre espèce de la Nouvelle-Calédonie, provient, l'un de l'Australie nord-est, et l'autre de Hastings-river, 31° latitude australe, et est indiquée par M. de Müller comme ayant un habitat très-étendu en dehors du tropique.

Je ne vois dans ces fruits aucune différence avec ceux de la Nouvelle-Calédonie, malgré la grande différence de latitude.

Les collections du Muséum possèdent aussi des fruits très-analogues à ces derniers, provenant des environs de Moreton-bay, où l'arbre croît dans les sables du bord de la mer, et reste très-petit, étant plutôt un arbrisseau, d'après les renseignements donnés à M. Verreaux, qui les a rapportés. Le capitule que ces fruits devaient former, et dont l'axe existe encore avec quelques nucules, était très-petit, plus petit que celui du *Pandanus* de la Nouvelle-Calédonie; les syncarpes sont formés de 6 à 7 carpelles soudés, anguleux, très-courts, presque globuleux et très-lisses.

II. BARROTIA Gaud. (partim).

Flores masculi : spadix terminalis cylindricus simplex elongatus, stipitibus clavatis, disco terminali carnoso subhexagono, tectus. Pedicellis versus apicem et discorum superficie inferiori staminibus numerosis subsessilibus obtectis.

Flores fœminei ignoti.

Fructus : cephalium ellipticum, ovale vel elongatum ; syncarpiis contiguis angulosis, transverse latioribus, e serie simplici transversali carpellorum compositis (rarius e serie duplici transversali vel e carpello unico). Stigmata dentiformia erecta, disco stigmatico reniformi laterali sursum plerumque spectante.

1. Barrotia altissima.

Pandanus altissimus Pancher mss.

Caulis altissimus (10-15 met. altus ex Pancher, 5-6 met. ex Balansa) subsimplex apice tantum ramosus.

Folia 2m-2m,50 longa (ex Pancher), 1m-1m,20 in herbario, 8-10 cent. lata, paulo supra insertionem contracta, margine tenue sed acerrime et dense denticulata ; nervo medio infra tantum notato, prominente et apicem versus spinuloso ; nervis lateralibus primariis (1) infra non distinctis, supra versus apicem valde notatis aculeatis et sub apice convergentibus in acumine brevi rigido triquetro.

Flores masculi in spadice seu racemo terminali longe pedunculato digesti. Pedunculus seu ramus spadice superatus, bracteis maximis, pedalibus et ultra, spathiformibus, distantibus, medio plicatis carinatis, rigidis, flavescentibus (in sicco), tenue striatis, versus apicem carina et marginibus confluentibus trigonis tenuissime denticulatis ornatus.

---

(1) Je désigne par cette expression deux nervures placées à peu près à moitié de la distance de la nervure médiane au bord de la feuille, déterminant souvent une sorte de double carène sur la surface supérieure de la feuille, qui existent dans beaucoup de Pandanées et manquent dans d'autres.

Spadix masculus 30 cent. circiter longus; rachi cylindrico, crasso (12-15 mill. lato), undique stipitibus brevibus subcarnosis clavatis truncatis, disco terminali elliptico vel angulato superatis, vestito.

Stamina numerosissima ad stipitem et sub disco inserta subreflexa, filamentis brevibus, antheris oblongo linearibus, rimis lateralibus suboppositis dehiscentibus, mucrone brevi subglanduloso superatis.

Cephalium elongatum, plerumque 35-40 cent. longum, raro brevius, 10-12 cent. latum, obtuse cylindrico-trigonum ; rachi cylindrico apice paulum attenuato, 3-4 cent. lato, syncarpiorum insertione penta-hexagona areolato.

Syncarpia complanata transverse dilatata subobconica, 30-35 mill. longa, 12-20 mill. lata, superius dilatata ; e 3-5 rarius 6-7 carpellis coalitis in serie unica transversali dispositis composita ; apice in dentibus 3-5 lobata, sursum incurvis et superficie stigmatica reniformi notatis.

Syncarpia paululum variantia in diversis speciminibus forma plus minusve apicem versus dilatata vel angustiora, nucula lignosa ad partem mediam vel superiorem syncarpii.

Hab. — Mont Mou, alt. 1200 met. (Balansa n° 2909). — Mont Peuari, alt. 600 met. (Balansa n° 3594), forêts de Messioncoué, près du port Bouquet, alt. 500 met. (Balansa n° 2252).

2. Barrotia aragoensis.

Cephalium ellipsoideum (long. 30 cent., lat. 15 cent.). *Syncarpiis* elongatis (5 cent. longis, 15 mill. latis), compressis supra nucleum contractis (an siccitate) apice truncatis, nec lobatis stigmatibus plerumque duobus, rarius uno vel tribus, infra apicem in latere superiore notatis circularibus infra emarginatis; nucleo biloculari rarius 3, seu 1-loculari.

Folia et *flores* ignota.

Hab. — Mont Arago (Balansa).

Un seul échantillon du fruit de cette espèce a été recueilli par

M. Balansa sur le mont Arago, mais ne porte ni numéro de catalogue, ni indication de l'altitude à laquelle il croît. Il diffère du *Barrotia altissima*, non-seulement par la forme de l'ensemble du fruit ou cephalium, mais aussi par la forme plus allongée des phalanges, par le nombre moins considérable des carpelles qui les composent, quelquefois réduits à un seul et ne dépassant pas trois ; enfin, les stigmates, au lieu d'être portés chacun par une dent saillante, comme dans le *Barrotia altissima*, sont placés sur la partie latérale des phalanges regardant le sommet du cephalium, immédiatement au-dessous du sommet tronqué de ces phalanges, qu'ils ne dépassent pas. Ils sont plus larges, parfaitement circulaires, profondément échancrés jusqu'au centre, du côté inférieur.

3. BARROTIA MACROCARPA Ad. Br.

Pandanus macrocarpus? Vieill. (*Pl. ut. N.-Caled.*, p. 24).

Caulis altus (5-6 met. ex Pancher) superne tantum ramosus.

Folia magna, 3 metr. longa, viridia, basi dilatata amplexicaulia, 0,15 lata, lævissima, integra ; paulo supra remote (8-10 mill.), rigide et acute aculeata, versus apicem aculeis tenuioribus et magis approximatis (4-5 mill. distant.), carina media infera versus basim obtusa rotundata, ad medium folii acuta, valde prominens, et denticulata ; nervis lateralibus duobus primariis versus basim nullis, versus apicem in pagina superiore folii distinctis, lævibus vel vix asperis et sub apice acutiusculo nec acuminato confluentibus.

Inflorescentia mascula, pedunculo seu ramo bracteis distantibus tantum onusto sustenta (pendula ?) ; bracteis paucis remotis magnis, $0^{m},4$ circiter longis, latitudine variantibus $0^{m},01$-$0^{m},03$ linearibus, in sicco flavescentibus.

Racemus masculus simplex elongatus, 30-35 cent. longus, 3-4 cent. circiter latus ; rachi crasso, carnoso ? continuo bracteis nullis interpositis, stipitibus numerosis quincuncie dispositis, claviformibus staminiferis onusto.

Stipes quisque parte inferiori rachi inserta cylindrica striata

nuda, superius incrassata obconica staminifera et in disco crassiusculo, medio depresso, forma variante, subrhomboidali vel penta-hexagona angulis obtusis rotundatis, expansa.

Stamina numerosa stipitis parte superiori et infra discum terminalem sine ordine inserta, subsessilia, filamento brevissimo, libera nec fasciculatim unita; antheræ lineares apice breve mucronata, bilobæ, lobis parallelis, connectivo angusto unitis, rimis lateralibus suboppositis dehiscentibus.

Cephalium pendulum (ex pedunculo incurvo), foliis supremis involucratum oblongum, subcylindricum vel obtuse trigonum, 30-40 cent. longum, 11-13 latum, longiora angustiora, breviora latiora et subellipsoidea (an variabiles vel species plurimæ).

Syncarpia numerosa subrectiseriata vel sparsa contigua, apice subrhomboidali, transverse latiore, e carpellis 6-8 plerumque biseriatis composita, superficie superiore truncata rimosa, in areolis tot quot carpellis rimis divisa obtuse tuberculata, stigmatibus in fructu maturo sæpius vix distinctis et directione dubia superata, disco hippocrepico obliquo efformatis; pars superior et inferior cujusque syncarpii fibroso-spongiosa, an carnosa? pars media durissima loculis 5-7, quibusdam sæpe abortivis, excavata, semine repletis.

Hab. — Nouvelle-Calédonie, sans localité spéciale (Pancher, mus. neocal. 761, fruits et feuilles). — Bord de la Nera, près de Bourail (Balansa, n° 921, fleurs mâles; *ibid.*, n° 2251, fruit). — Canala (Balansa, n° 2251^a, fruit). — Lifu, île Loyalty (Balansa, n° 2256, fruit).

Cette espèce paraît l'une des plus répandues à la Nouvelle-Calédonie; elle me semble assez bien répondre à la description du *Pandanus macrocarpus* de Vieillard, pour pouvoir lui donner ce synonyme et adopter son nom. Cependant le terme de fruit conique s'applique mal à ceux que nous avons sous les yeux, et si les dimensions indiquées par Vieillard n'étaient pas plus d'accord avec sa forme allongée, nous aurions cru à une différence spécifique. Nous devons ajouter que dans la collection du musée

de Caen, un fruit étiqueté *Pandanus macrocarpus*, donné par M. Vieillard, est un gros fruit *sphérique* de *Pandanus odoratissimus;* il doit y avoir, dans ce cas, confusion d'étiquette. Les autres Pandanées de ce musée ne portent aucun nom ni d'espèces, ni de localité ; deux d'entre eux appartiennent au *Barrotia macrocarpa*, et c'est probablement à l'un d'eux que se rapporte l'étiquette ci-dessus.

Cette espèce diffère, à plusieurs égards, des vrais *Barrotia*, dont les phalanges sont formées de carpelles disposés en un seul rang, et tous dirigés du même côté ; ici, et quelquefois dans le *Barrotia Balansæ,* les carpelles forment deux rangs parallèles, et leur direction respective est difficile à déterminer, les stigmates étant fortement altérés. J'avais cru d'abord qu'ils étaient tous dirigés du même côté vers le sommet du céphalium, mais l'examen des fruits les mieux conservés, et particulièrement d'un de ceux du musée de Caen, me paraît établir que ceux du rang supérieur regardent ceux du rang inférieur, qui ont leur position habituelle dans les plantes de ce genre.

Le double rang des carpelles, dans ces deux espèces (*Barrotia macrocarpa* et *Barrotia Balansæ*), doit-il les éloigner des autres et conduire à en former un genre distinct? Nous ne le pensons pas, surtout quand on considère l'identité d'organisation de l'inflorescence mâle si remarquable de cette espèce et du *Barrotia altissima*.

Mais ces difficultés font encore mieux ressortir l'intérêt qu'il y aurait à avoir des fleurs mâles et femelles des plantes de cette famille bien conservées dans l'alcool, ou au moins desséchées avec beaucoup de soin.

4. BARROTTIA BALANSÆ Ad. Br.

Caulis ramosus radices aereas ex parte superiore emittens (ex Balansa).

Folia desunt et nihil in notis dicitur.

Cephalium ovali-oblongum pendulum, axi (fructibus delapsis) 13-14 cent. longo, 4 lato, syncarpiis contiguis areolato (cum fructibus adhuc affixis circiter 17-18 longum, 13-14 latum), pedunculo elongato, 40 cent. longo, obtuse trigono bracteis seu squamis remotis onusto, suspensum.

Syncarpia compressa angulosa oblongo-obpyramidata, contigua, parte superiore obtuse pyramidata, apice stigmatibus, numero variabili, 3-6 simplici vel duplici serie coronata, stigmatibus sursum inflexis dentiformibus acutis, superficie stigmatosa cordiformi sursum spectante, plerumque effeta vel deformata; pericarpio valde fibroso, paulo infra medium indurato durissimo tot loculis excavatum quot stigmatibus superatum sed pluribus abortivis.

Hab. — Mons Arago in sylvis altit. 800 metr. (Balansa, nº 2254).

Nous n'avons qu'un fruit dans un état assez imparfait de cette espèce, les phalanges ou drupes composés étant détachés de l'axe qui les portait; mais les dimensions de cet axe et celles des fruits qu'il portait indiquent un capitule ellipsoïde peu allongé; le long rameau ou pédoncule qui soutenait ce fruit pendait, et les bractées, ou écailles espacées qu'il portait, le distinguent déjà des autres espèces.

La forme des drupes composés ou syncarpes le caractérise encore ; c'est une des espèces où l'on peut le mieux étudier la constitution de ces singuliers fruits : les carpelles soudés sont fibro-cellulaires, le tissu cellulaire qui sépare les faisceaux fibreux étant peu résistant dans le bas et dans la partie supérieure de ces drupes, et devant être souvent spongieux ou charnu. A la hauteur des loges, ce tissu devient dur comme celui d'un noyau, mais il ne forme pas un endocarpe distinct des faisceaux fibreux qui le traversent.

Au-dessus de chacune des loges de cette sorte de noyau, on remarque comme dans toutes les espèces, mais d'une manière plus distincte, un espace rempli par un tissu cellulaire qui écarte les faisceaux fibreux, et lorsqu'il se détruit, forme une seconde loge entre les loges séminales et la base des stigmates.

Des fruits à divers âges frais, ou conservés dans l'alcool, seraient nécessaires pour apprécier la structure et la destination de cette singulière organisation déjà signalée, mais non étudiée, par Gaudichaud et plusieurs autres savants.

5. Barrotia Pancheri Ad. Br.

Pandanus sphærocephalus Panch. mss. partim.

Caulis 6-8 met. altus (ex Balansa).

Folia angusta, 1^m-1^m,50 longa, 4-5 cent. lata, ima basi margine integra, paulo supra acute et dense dentata, versus apicem tenuissime denticulata; nervo medio infra carinato et aculeato, nervis lateralibus duobus primariis supra carinatis et acute denticulatis, apicem versus confluentibus; foliis sensim attenuatis acutis nec acuminatis, apice trigonis; nervulis tenuissimis (circiter 30-36 in 1 cent.).

Flores masculi et fœminei desunt.

Fructus : cephalium ellipsoideum, 21-24 cent. long., 12-13 latum (in spec. Balansa, 2253_a, et Pancher.), axi breviori ovali, 8 cent. longo (in spec. Balansa, 2253, fructibus delapsis).

Syncarpia, infra contigua subprismatica hexagona lævia supra pyramidata, apice truncata, stigmatibus tribus rarius duobus, dentiformibus, contiguis sursum inflexis, superficie stigmatica parva transversa versus apicem cephalii spectante, nucula lignosa infra medium syncarpii indurata triloculari, loculis 1-2 sæpe abortivis, vacuis et minoribus.

Hab. — In sylvis montis Kougui (Balansa, n° 2253^a); Messioncoue prope Port-Bousquet (Balansa, n° 2253). — Montagnes près de Morari, à 700 mètres d'élévation? (*Pandanus sphærocephalus* Pancher).

Cette espèce, confondue avec le *Pandanus sphærocephalus* par M. Pancher, s'en rapproche en effet par la forme des capitules des fruits, mais en diffère très-notablement par la forme de chacun des fruits qui les constituent.

Ces gros capitules ou cephalium ne paraissent pas pendants; ils sont fixés sur un rameau assez gros portant de longues feuilles rapprochées, et dont les supérieures forment une sorte d'involucre autour de ce cephalium, qu'elles dépassent. Cette espèce diffère beaucoup à cet égard du *Barrotia Balansæ.*

L'échantillon de M. Pancher, sans indication certaine de localité, paraît bien identique avec ceux de M. Balansa ; il porte le nom de *Pandanus sphærocephalus*, inscrit sur une des feuilles qui entourent le fruit, et se rapporterait à la plante d'abord recueillie par M. Pancher dans les montagnes au delà de Morari, à 700 mètres de hauteur : l'indication ajoutée à l'étiquette concernerait le *Barrotia sphærocephala.*

6. BARROTIA SPHÆROCEPHALA Ad. Br.

Pandanus sphærocephalus Panch., mss., partim.

Folia angusta, 4-5 cent. lata, tenuissima, nervulis infra striata, margine denticulata, versus apicem longe attenuata et acuminata, nervo medio infra carinato aculeato, nervis lateralibus duobus primariis supra versus apicem tantum notatis et aculeatis, confluentibus.

Cephalium subsphæricum, long. 18 cent., lat. 16, ramo crasso (5 cent. diam.) insidens, drupis simplicibus (nec in syncarpiis connatis), contiguis elongatis superius pyramidatis et dente unica erecta obtusa superatis. Stigmata disciformia subquadrangularia nec basi emarginata, ad faciem superam dentis cujusque drupæ. Drupæ fibrosæ (an carnosæ) elongatæ, nucula parva pariete tenuiori nec indurata versus basim inclusa simplici et uniloculari (vacua et abortiva in specimine unico).

HAB. — Baie Prony, bord de la mer ? (Pancher).

C'est à cet échantillon que doit probablement se rapporter l'indication de cette localité ajoutée sur l'étiquette du *Pandanus sphærocephalus* Pancher. Cette espèce est cependant très-différente de cette dernière que nous avons désignée sous le nom de *Barrotia Pancheri,* et de tous nos autres *Barrotia*, par ses drupes simples non réunis plusieurs en phalanges.

Cette exception au caractère générique et la forme assez différente du disque stigmatique pourraient même engager à séparer cette espèce du genre ; mais elle nous est connue trop incomplétement pour admettre cette séparation, d'autant plus que, dans quelques autres espèces, les phalanges se réduisent quelquefois accidentellement à un seul carpelle.

7. BARROTIA DECUMBENS Ad. Br.

Caulis gracilis decumbens (2 met. longus ex Pancher) obtuse trigonus, foliis in parte superiori distantibus.

Folia (turionis ?) approximata, 7-8 decim. longa, ima basi dilatata amplexicaulia, supra angustiora (11-12 millim. lata), nervo medio infra carinato lævi versus apicem folii vix denticulato, margine in parte inferiori folii argute dentata, versus apicem remote et tenuius serrulata, nervis duobus primariis lateralibus in pagina superiori apicem versus tantum distinctis et supra aculeatis, in apice folii longe acuminati confluentibus. Folia superiora in ramis fructiferis latiora, breviora et margine vix denticulata, tria suprema subcephalio inserta, eum vix superantia, dilatata et involucrum triphyllum constituentia.

Cephalium oblongum, cylindricum, 7-8 cent. longum, 1-5 cent. latum, syncarpiis in seriebus longitudinalibus 12-14 plerumque regularibus dispositis.

Syncarpia contigua, compressa, subhexagona, obpyramidata, transverse latiora, superne convexa, in apice stigmatibus 3 rarius, 4-5 contiguis linea transversa dispositis superata. Stigmata dentis vel lobuli erecti, superne paululum reflexi, faciem superiorem occupantia, transverse latiora reniformia apiculo parvo. Nucula lignosa dura trilocularis rarius 4-5-locul. sæpe abortu bilocularis, parte fibrosa dimidiam partem inferioris nuculæ occupante et parte fibrosa superiore cavitatem brevem involvente.

HAB. — Ile des Pins, sur les pentes du Pic (Pancher, n° 342). — Vallée de Dioto, dans les ravins (Balansa).

Nous avons reçu des échantillons parfaitement identiques de cette espèce, recueillis : 1° à l'île des Pins par M. Pancher, avec cette annotation : « Espèce rampante, longue de 2 mètres » ; 2° par M. Balansa, dans la vallée de Dioto, dans les ravins : « Tige basse et diffuse. »

Ces derniers ne sont que des extrémités de rameaux fructifères avec les feuilles supérieures qui les accompagnent. Ceux de M. Pancher sont accompagnés de feuilles formant un bourgeon, fort différentes des précédentes par leur longueur, et leur bord garni dans leur partie inférieure de dents fortes et acérées.

Cette espèce est certainement la plus distincte de toutes celles que nous avons décrites ; mais, malgré la différence de son port, elle a tous les caractères essentiels des *Barrotia*. Il serait bien à désirer qu'on pût en avoir des échantillons mieux conservés et des fleurs mâles.

Par son port et ses dimensions, cette plante semblerait se rapporter au *Pandanus reticulatus* de Vieillard (*Pl. utiles*, p. 25) ; mais, indépendamment de l'absence de toute réticulation particulière sur les feuilles, les drupes sont indiqués comme subtétragones et uniloculaires, tandis que dans notre espèce ces drupes ou syncarpes sont hexagones et triloculaires.

III. BRYANTIA Webb in Gaud.

Sect. Lophostigma A. Brongn.

Flor. masculi, spadix ramosus, bracteis nullis interpositis, carnosus angulosus, stipitibus seu ramulis crassis conico-cylindricis brevibus undique obsitus, staminibus numerosis subsessilibus apicem versus stipitum insertis, antheris ellipticis.

Flor. fœminei ignoti.

Fructus : cephalium ellipticum vel elongatum, drupis fibrosis numerosis simplicibus s. monocarpellis, prismatice hexagonis apice truncatis. Stigmata ad marginem superiorem superficiei truncatæ sessilia cristæformia inflexa, disco stigmatico cordiformi versus apicem cephalii spectante. — Nucula simplici in parte media drupæ.

Le fruit complet du *Bryantia butyrophora* Webb., figuré par Gaudichaud (pl. 20, *Bot. Bonite*), doit faire partie des collections de Webb actuellement au musée de Florence ; il provient des collections de Labillardière, mais sans indication de localité. Les figures de détail de Gaudichaud et quelques nucules isolées de ce fruit déposées par lui au Muséum de Paris me font beaucoup douter que les deux espèces de la Nouvelle-Calédonie puissent être associées génériquement à cette espèce type : c'est par cette raison que j'en ai formé une section spéciale sous le nom de *Lophostigma* (stigmate en forme de crête), qui deviendrait une désignation générique, si une connaissance plus complète de ces plantes venait confirmer leur séparation comme genres distincts. Les deux espèces calédoniennes, quoique très-rapprochées par tous les caractères les plus importants, se distinguent cependant par la forme du cephalium et par la forme de l'extrémité des feuilles, ainsi que par la disposition des dents qui les bordent.

1. Bryantia (Lophostigma) viscida.

Pandanus viscidus Panch., in herb.

Caulis 6-7 metr. altus, radicibus aereis numerosis ad basim conum efformantibus (ex Pancher).

Folia maxima 3 met. longa, 7-8 cent. lata, — ad apicem sensim attenuata acuta nec acuminata, supra levissima, infra tenue striata, margine acute dentata, dentibus versus basim folii remotiusculis crassis incurvis, superius approximatis obliquis acerosis, versus apicem subcontiguis tenuioribus; nervo medio infra carinato versus basim remote, versus apicem dense aculeato; nervis lateralibus duobus supra versus apicem distinctis, carinatis, aculeatis, confluentibus.

Flores masculi, ramo flexuoso, obtuse trigono, digite crasso sustenti, foliis floralibus distantibus oblique insertis stipati, superioribus racemum masculum involucrantibus, lanceolatis 3-4 decim. longis, tenuissime striatis nervo medio inferiore et duobus lateralibus primariis superioribus in acumen trigonum tenue et rigide denticulatum, desinentibus. Inflorescentia mascula (ex specimine unico cl. Pancher putredine et larvis alterato et

fracto) 20–30 cent. longa; infra e racemis lateralibus duobus vel tribus brevibus rachi adpressis et connatis, in axilla foliorum floralium superiorum nascentibus, composita; supra racemum continuum constituens, bracteis nullis interpositis vel caducis, irregulariter, ut videtur, ramosum, rachi et ramis lateralibus crassis, carnosis? angulosis, stipitibus numerosis undique nascentibus, subconicis, versus apicem staminibus jam delapsis onustis; filamenta brevissima; antheræ basifixæ ellipticæ vel elliptico-oblongæ, bilobæ, rimis duobus lateralibus dehiscentes.

Flores fœminei ignoti.

Fructus : cephalium erectum? ellipticum v. ovoideum (28 à 30 cent. long., 18 lat.) obtuse trigonum, foliis floralibus, versus apicem pedunculi subdistante insertis, foliis floralibus inflorescentiæ masculæ forma similibus, cephalium æquantibus vel brevioribus, involucratum. Drupis simplicibus s. monocarpellis numerosissimis angustis hexaedro–prismaticis et apice attenuato truncato hexagono (viscido ex Pancher) superatis, 5-6 cent. longis, apice attenuato 3-4 millim. lato. Stigma e margine superiori disci hexagoni terminalis nascens, lamina cristæformi erecta et inflexa, libera, superficie stigmatica versus apicem cephalii spectante, constitutum.

Nucula endocarpica in parte media drupæ posita, fibris numerosis longitudinalibus involuta et percursa, superne conico-acuminata uniloculari et monosperma.

HAB. — Embouchures et bords des rivières, sol ferrugineux (Pancher).

2. BRYANTIA (LOPHOSTIGMA) OBLONGA.

Pandanus Minda Panch. in herb (non Vieillard, *Pl. ut. Nouv.-Caled.*, p. 24, ex descript.).

Caulis altus, parce ramosus (ex Balansa).

Folia bimetralia, 6-8 cent. lata, supra lævissima, infra tenuissime striata, apice sensim attenuata et longe acuminata, acumine vix 6-8 mill. lato, 1 decim. ultra longo, margine regulariter dentata, dentibus brevibus, obliquis acutis, nec incurvis et

acuteiformibus, nervo medio carinato obtuse et remote aculeato; nervis lateralibus primariis non supra distinctis nec versus apicem aculeatis et confluentibus.

Flores masculi ignoti.

Fructus : cephalium erectum? oblongum (20-30 cent. longum, 10-13 cent. latum), subcylindricum, obtuse trigonum, foliis floralibus distante pedunculo insertis cephalium involucrantibus et multo superantibus, anguste lanceolatis attenuatis et longe acuminatis, acumine lineari angusto margine et dorso aculeato; drupis simplicibus numerosissimis, angustis hexaedro-prismaticis, fibrosis, 4 cent. longis, apice truncato hexagono angusto 3-4 mill. lato, nucula lignosa dura medio drupæ inclusa.

Hab. — Bords de la rivière de Boulari près de Saint-Louis (feuilles); bords d'un ruisseau entre Bourail et Daaoui de Oro (fruit) (Balansa, n° 922). — Sans localité spéciale (Pancher).

Cette Pandanée a été confondue avec la précédente sous le nom de *Pandanus Minda* de Vieillard, que M. Pancher lui a donné sur l'étiquette de très-beaux fruits qui font partie de sa collection; il a donné ce même nom à l'échantillon en fleurs mâles de son herbier qui se rapporte mieux à son *Pandanus viscidus*. Ce nom vulgaire de *Minda* ou *Munda* était donc d'une application incertaine; mais ce qui nous a surtout empêché de l'adopter, c'est que plusieurs points de la description donnée par M. Vieillard (*Plantes utiles de la Nouvelle-Calédonie*, p. 24) de son *Pandanus Minda* ne s'appliquent nullement au genre *Bryantia;* telle est particulièrement celle des drupes : « Drupes » fibreuses, comprimées, tuberculeuses au sommet, qui est plu- » rilobé; lobes 6-7. »

Les localités citées par M. Vieillard sur la côte orientale sont en outre très-différentes de celles où MM. Pancher et Balansa ont recueilli leurs échantillons, et il est probable que le *P. Minda* de Vieillard appartient à un *Barrotia*, probablement au *Barrotia altissima*, et non à un *Bryantia*. Il existe cependant dans les collections du musée de Caen des échantillons des deux espèces de *Bryantia* provenant évidemment de collections faites à la

Nouvelle-Calédonie par M. Vieillard ou par M. Deplanche, mais sans aucune étiquette, soit de détermination, soit de localité, qui puisse établir si c'est cette plante que cet auteur a désignée par le nom de *P. Minda*, en lui appliquant par erreur une description étrangère.

APPENDICE.

ÉNUMÉRATION DES LOCALITÉS DES PANDANÉES

nommées et figurées dans l'Atlas botanique du *Voyage de la Bonite* par M. Gaudichaud, d'après les échantillons conservés au Muséum d'histoire naturelle de Paris (1).

PANDANUS *Linnæi* Gaud., pl. 22, fig. 1-8. Indes?
Chamissonis id., pl. 22, fig. 9. Iles Sandwich (Gaudichaud).
fragrans id., pl. 22, fig. 10. Iles Mariannes (Gaudichaud).
Rumphii id., pl. 22, fig. 11. Iles Moluques (Gaudichaud).
Rheedii id., pl. 22, fig. 12. *Kaida taddi* Rheed. Indes?
Loureiri id., pl. 22, fig. 13. Tourane, Cochinchine (Gaudichaud).
Menziesii id., pl. 22, fig. 14. Iles Sandwich (Gaudichaud).
Boryi id., pl. 22, fig. 15. Ile de la Réunion?
Douglasii id., pl. 22, fig. 16. Iles Sandwich (Gaudichaud).

VINSONIA *utilis* Gaud., pl. 17, fig. 1-5; pl. 23, fig. 1-9. Ile de la Réunion (Gaudichaud).
purpurascens id., pl. 17, fig. 6-9. La Réunion (Gaudichaud); Madagascar (Pervillé).
humilis id., pl. 17, fig. 10-11. La Réunion (Gaudichaud); Madagascar (Pervillé).
elegans id., pl. 17, fig. 12-13. Ex coll. Delessert (Muséum).
ucida id., pl. 17, fig. 14-15. *Pandanus lucidus* Wall. Calcutta.
silvestris id., pl. 17, fig. 16-17. Ex. coll. A. Richard (Muséum).

---

(1) Les figures dont les échantillons n'existent pas au Muséum d'histoire naturelle se rapportent très-probablement à des échantillons des collections Delessert et Webb, qui étaient alors à Paris et qui avaient été mises à la disposition de Gaudichaud.

VINSONIA *palustris* Gaud, pl. 17, fig. 18-19. Ex coll. A. Richard (Muséum).
utilis var. *stephanocarpa* id., pl. 23, fig. 2-5 et 7-8. Ile de la Réunion (Gaudichaud).
Pervilleana id., pl. 31, fig. 1-7. Madagascar (Pervillé).
drupacea id., pl. 31, fig. 8-11. Ile de France? ex coll. Richard.

EYDOUXIA *macrocarpa* Gaud., pl. 18, fig. 1-6.
Delessertii id., pl. 18, fig. 7-8. Ile de la Réunion (Ad. Delessert).

ROUSSINIA *indica* Gaud., pl. 21, fig. 1-9. Iles des Indes, Nicobar?

HOMBRONIA *edulis* Gaud., pl. 22, fig. 17. Iles Mariannes (Gaudichaud).

SUSSEA *conoidea* Gaud., pl. 24. Madagascar (Bernier, Pervillé).
microstigma id., pl. 38. Madagascar (Pervillé).
microcarpa id., pl. 25, fig. 8-10. Ex coll. Webb.
lagenæformis id., pl. 25, fig. 15-16.

HETEROSTIGMA *Heudelotianum* Gaud., pl. 25, fig. 15-31. Sénégambie (Heudelot).

TUCKEYA *candelabrum* Gaud., pl. 26, fig. 10-20.

DORISTIGMA *madagascariense* Gaud., pl. 31, fig. 12-13. Madagascar (Richard).
mauritianum id., pl. 13, fig. 25-27.

FOULLIOYA *racemosa* Gaud., pl. 26, fig. 1-9.
maritima id., pl. 26, fig. 21-24. Madagascar? Maurice?

JEANNERETIA *littoralis* Gaud., pl. 25, fig. 1-7. Rawach (Gaudichaud).

SOULEYETIA *Freycinetioides* Gaud., pl. 19.

BARROTIA *tetrodon* Gaud., pl. 13, fig. 1-8.
diodon id., pl. 13, fig. 9-14. *Pandanus furcatus* Roxb. Calcutta (Wallich).
monodon id., pl. 13, fig. 15-24. Cochinchine (Gaudichaud).

FISQUETIA *ovata* Gaud., pl. 4, fig. 1. Malacca (Gaud).
macrocarpa id., pl. 4, fig. 2-8. Ex coll. Delessert.
ornata id., pl. 5, fig. 1-8-9. Malacca (Gaudichaud).
militaris id., pl. 5, fig. 2-7. Singapour (Gaudichaud).

BRYANTIA *butyrophora* Webb., pl. 20. *Kaida* (Labillardière).

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE 14.

Fig. 1. *Barrotia macrocarpa.*
- *a*, portion de l'épi mâle, de grandeur naturelle.
- *b*, un des pédicelles anthérifères vu de côté, grossi deux fois.
- *c*, *c'*, étamines isolées.
- *d*, cephalium entier réduit au sixième de sa dimension (1).
- *e*, un des syncarpes vu de côté, grandeur naturelle.
- *f*, *f'*, les mêmes, vus par le sommet, grandeur naturelle.
- *g*, coupe longitudinale d'un syncarpe, grandeur naturelle.
- *h*, coupe transversale d'un syncarpe, grandeur naturelle.
- *i*, un des stigmates, grossi.

Fig. 2. *Barrotia altissima.*
- *a*, un des syncarpes vu du côté supérieur, grandeur naturelle.
- *b*, deux syncarpes vus par le sommet, grandeur naturelle.
- *c*, un stigmate grossi.
- *d*, coupe transversale d'un syncarpe.

Fig. 3. *Barrotia Balansæ.*
- *a*, un syncarpe vu du côté supérieur, grandeur naturelle.
- *b*, sommet d'un syncarpe, grandeur naturelle.
- *c*, coupe longitudinale d'un syncarpe, grandeur naturelle.
- *d*, coupe transversale d'un syncarpe, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Barrotia Pancheri.*
- *a*, un syncarpe vu du côté supérieur, grandeur naturelle.
- *b*, son sommet, grandeur naturelle.
- *c*, coupe longitudinale d'un syncarpe, grandeur naturelle.
- *d*, coupe transversale d'un syncarpe, grandeur naturelle.

PLANCHE 15.

Fig. 5. *Barrotia aragoensis.*
- *a*, un syncarpe vu du côté supérieur, grandeur naturelle.
- *b*, le même, vu par son sommet, grandeur naturelle.
- *c*, coupe longitudinale du même, grandeur naturelle.
- *d*, coupe transversale d'un syncarpe, grandeur naturelle.

Fig. 6. *Barrotia decumbens.*
- *a*, un syncarpe vu du côté supérieur, grandeur naturelle.
- *b*, deux syncarpes dans leur position naturelle, vus par leur sommet, grandeur naturelle.
- *c*, stigmates vus par leur face postérieure, grossis.

(1) Cette figure est la reproduction d'une photographie faite d'après un échantillon du musée de Caen, dont les phalanges étaient restées fixées à l'axe, tandis qu'elles sont détachées et plus ou moins dérangées dans les autres échantillons.

d, les mêmes, vus par leur face stigmatique, grossis.

e, coupe longitudinale d'un syncarpe, dans la direction de l'axe du cephalium, grandeur naturelle.

f, coupe transversale d'un syncarpe, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Barrotia sphærocephala.*

a, un des drupes monospermes vu du côté supérieur, montrant le disque stigmatique, grandeur naturelle.

b, le même, vu par son sommet, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Bryantia oblonga.*

a, un drupe vu de côté latéralement, grandeur naturelle.

b, le même, vu par le sommet, grandeur naturelle.

c, sommet du même vu du côté supérieur, grandeur naturelle.

d, coupe longitudinale dans la direction de l'axe du céphalium, grandeur naturelle.

e, coupe transversale.

Fig. 9. *Bryantia viscida.*

a, un drupe vu de côté latéralement, grandeur naturelle.

b, le même, vu par le sommet, grandeur naturelle.

c, coupe du stigmate, grossie.

d, stigmate vu en dessous, grossi.

Fig. 10. *Pandanus fragrans.*

a, deux des groupes ou chatons d'étamines des épis mâles, grossis deux fois.

b, étamines isolées, grossies.

c, un des syncarpes vu de côté, grandeur naturelle.

d, le même, vu par le sommet, grandeur naturelle.

e, coupe longitudinale du même, grandeur naturelle.

f, coupe transversale d'un syncarpe, grandeur naturelle.

HISTOTAXIE

DES

FEUILLES DE GRAMINÉES

Par M. J. DUVAL-JOUVE.

OBJET ET PLAN DE CETTE ÉTUDE.

L'objet de la présente étude est de constater les principales dispositions des tissus dans les feuilles des Graminées, et de déterminer, autant que possible, le rapport de certaines dispositions avec les fonctions imposées par le milieu.

La constatation de modes divers dans l'agencement des tissus peut conduire à des comparaisons histotaxiques très-différentes, suivant le but que l'on se propose. En effet, les unes peuvent porter sur les espèces d'un même genre et avoir pour objet de rechercher si aux différences extérieures répondent des différences dans l'organisation interne. Elles sont applicables *dans les cas douteux de distinction spécifique* et propres, s'il y a diversité évidente, à corroborer la valeur de la distinction, ou, s'il y a identité, à montrer la persistance de la structure essentielle d'un seul et même type sous des modifications purement accidentelles. — D'autres comparaisons peuvent servir à rechercher quels points histotaxiques sont communs, soit aux espèces d'un même genre, soit aux genres d'une tribu ou même d'une famille, et si à la communauté de conformation des organes de reproduction correspondent des dispositions communes dans les tissus des organes de végétation. — D'autres enfin peuvent avoir pour objet de reconnaître quels points histotaxiques sont communs aux organes végétatifs de plantes appartenant à des genres plus ou moins éloignés ou même à des familles différentes, mais vivant dans des mêmes conditions de milieu.

Ces dernières comparaisons sont les seules qui paraîtront dans le présent travail ; et ainsi celles que nous aurons à faire, au lieu de porter sur des espèces congénères pour en apprécier les caractères différentiels, porteront sur les modifications histotaxiques elles-mêmes, afin de montrer le rapport constant d'une même disposition avec les fonctions qu'un même milieu impose à des plantes de genres très-éloignés.

Nous ferons cette étude dans l'ordre indiqué par le tableau suivant :

I. Historique de la question.
II. Examen de la feuille des Graminées dans son ensemble extérieur.
III. Histotaxie :
  1. Épiderme..
    a. Bandes recouvrant le tissu fibreux hypodermique.
    b. Bandes recouvrant le parenchyme.
    c. Bandes de cellules bulliformes.
  2. Faisceaux fibro-vasculaires.
  3. Tissu fibreux hypodermique.
  4. Parenchyme
    a. Parenchyme à chlorophylle.
    b. Parenchyme simple incolore.
    c. Parenchyme étoilé.
IV. Conclusions et résumé.

I

HISTORIQUE.

On a bien souvent répété que les Graminées constituent une des familles les plus naturelles, c'est-à-dire les plus nettement distinctes et les plus facilement reconnaissables à première vue. Cela est incontestable. Mais cette uniformité d'aspect qui aide si bien à la distinction des Graminées, a sans aucun doute fait croire que la même uniformité règne dans leur organisation anatomique, et par suite en a détourné l'attention des agrostographes.

En ce qui concerne les feuilles des Graminées, je ne connais aucun travail qui traite de la répartition de leurs divers tissus.

Scheuchzer s'est borné à distinguer les grandes régions de ces feuilles : gaîne, ligule, limbe, face inférieure et face supérieure (*Agrost.* in voc. expl., v° FOLIUM).

Linné, dans la thèse de son élève, H. Gahn, s'exprime ainsi qu'il suit au début du passage qu'il consacre à la feuille des Graminées : « FOLIA in Graminibus ejusdem sunt structuræ », affirmation malheureuse qui doit avoir eu pour effet d'empêcher bien des recherches. Cependant Linné ajoute immédiatement : « Pagina vero superior plerumque viridior evadit, exceptis paucis » foliis setaceis absque paginis planis. Præterea communiter » folia valde sunt flexilia, sed in maritimis siccissima, involuta. » Folia secundum *foliationem* Botanicis dictam, Graminibus sunt » vel *conduplicata* vel *convoluta.* » (H. Gahn, *Fund. agrost.*, p. 17 et 18, et *Amœn. acad.*, VII, p. 175.) Ces trois observations, très-fondées et que nous aurons à rappeler, auraient dû, ce semble, inspirer à Linné le désir de rechercher si quelque disposition particulière répond à ces modifications extérieures.

Schreber, ce descripteur si consciencieux et si minutieux, ne se livra non plus à aucune recherche anatomique, et tous les agrostographes descripteurs ont fait de même.

A. Babel, dans sa thèse *De Graminum fabrica et œconomia*, 1804, accorde à peine quelques lignes à la structure des feuilles. Sa première proposition : « Constant folia Graminum ex longitudinalibus parallelis fasciculis, *sine ulla vasorum transversa* » *complicatione* » (p. 25), se termine par une inexactitude; et la seconde : « Cæterum absorbentes pori in superficie inferiore » foliorum apparent » (p. 25), n'est pas plus exacte. Nul détail d'ailleurs sur la disposition des éléments (1).

A la rigueur on comprend cet oubli et ces inexactitudes dans le rapide travail d'une thèse; mais on les comprend et on les excuse moins de la part d'un auteur prenant la famille des Graminées pour objet d'une étude spéciale. Je veux parler de Palisot de Beauvois et de son *Essai d'une nouvelle agrostographie*, 1812.

---

(1) Pritzel attribue cette thèse à Curtius Sprengel : « Libellus prorsus *Sprengelii* » est, licet nomen auctoris *August Babel* in titulo legatur » (*Thes. lit. bot.*, p. 282). Cette affirmation surprend en présence de ces inexactitudes, car C. Sprengel était anatomiste distingué, et se vantait de l'être.

Quelques heureuses divisions de genres, plus instinctives peut-être que scientifiquement établies, ont valu à cet auteur une autorité qui incontestablement en a empêché plus d'un d'entreprendre sur l'anatomie des Graminées des études qu'il pouvait croire déjà faites sérieusement. Or, sur les feuilles de cette famille, Palisot de Beauvois est à peine allé aussi loin que Babel. La première phrase du chapitre qu'il leur consacre n'est que la reproduction de celle déjà citée de Linné : « Les Feuilles (*folia*) » sont essentiellement uniformes. On ne les distingue entre elles » que par les caractères suivants : glabres ou velues, lisses ou » scabres », etc. (p. xvij); et la dernière, destinée à faire connaître la *structure* des feuilles, se borne à ce qui suit : « Les deux sur- » faces de la lame sont recouvertes par un épiderme. Sous » l'épiderme on voit la substance granuleuse verte, puis un tissu » cellulaire à plus grandes mailles, entourant des faisceaux de » fibres disposés parallèlement à ces surfaces. La rudesse de la » surface est occasionnée par des espèces de papilles ou petites » arêtes (1). » (P. xxj.)

Tout en se rappelant que cet auteur se proposait spécialement de décrire et de classer les genres des Graminées, et tout en tenant compte de l'époque de ses travaux, il faut reconnaître que ce qu'il a eu la prétention inutile de dire (p. xvij et xxj) et de figurer (pl. II, fig. 16 et 17) sur la « *structure* » des feuilles de cette famille, porte les traces d'une extrême négligence et a été plus propre à arrêter les recherches ultérieures qu'à les provoquer.

En effet, depuis Palisot de Beauvois, on ne trouve plus dans les travaux d'agrostographie la plus légère mention de la structure des feuilles. M. le docteur d'Ettingshausen a bien appelé l'attention sur les caractères fournis par la nervation des Graminées (2); mais son mémoire ayant pour objet la détermination des Graminées fossiles, l'auteur a dû laisser de côté les détails anatomiques, et se borner à grouper les feuilles d'après la grosseur et l'écartement des nervures.

---

(1) Cet auteur n'a pas négligé que la structure des feuilles. De la racine, il se borne à dire : « fibreuse et plus ou moins rameuse » (p. IX); pas un mot des éléments qui la composent. Du rhizome, pas un mot. Du chaume, une analyse trop grossière pour pouvoir être critiquée, et si générale, que, avec la prétention de s'appliquer à toutes les Graminées, elle ne s'applique à aucune.

(2) *Beitrag zur Kenntniss der Nervation der Gramineen*, avec six belles planches, in *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Vienne*, t. LII, octobre 1865.

En 1870, dans un mémoire où je cherchais à distinguer nos espèces d'*Agropyrum* par les caractères anatomiques des rhizomes, des chaumes et des feuilles (1), je donnai quelques détails sur l'organisation générale de ces dernières parties et sur les différences qu'elle présente dans divers genres. Cette première étude, faite incidemment et seulement en vue des distinctions spécifiques, était nécessairement très-réduite ; de nombreuses recherches faites depuis lors m'ont permis, non certes de la compléter, mais au moins de l'étendre et de préciser assez mes observations pour oser aujourd'hui les présenter comme une étude spéciale.

II

DE LA FEUILLE CONSIDÉRÉE EXTÉRIEUREMENT ET DANS SON ENSEMBLE.

Dans ce qui suit, je ne m'occupe que des feuilles proprement dites se développant à l'air libre, et non des feuilles-écailles du rhizome.

Les feuilles naissant aux nœuds du chaume sont ordinairement espacées, et ce n'est que très-rarement qu'elles sont toutes accumulées au bas du chaume, comme sur l'*Enodium cæruleum* Gaud., où les nœuds sont si rapprochés à la base et le dernier entrenœud si allongé, que l'apparence est celle d'un chaume nu et n'ayant que des feuilles basilaires. Quelquefois les rameaux du rhizome sortent de terre et supportent aussi des feuilles, espacées sur certaines espèces, sur d'autres rapprochées en faisceaux souvent qualifiés « faisceaux stériles de feuilles. »

D'ordinaire toutes les feuilles d'un même pied se ressemblent ; cependant, sur d'assez nombreuses espèces (*Stipa capillata* L., *Glyceria festucæformis* Host, *Poa pratensis* L., *Festuca rubra* L., *F. spadicea* L., etc.), les feuilles basilaires et celles des faisceaux stériles sont plus étroites que les feuilles culmaires, mais la structure est identique ; sur d'autres espèces, il y a en outre dans la structure quelques légères différences que j'indiquerai plus loin avec détail.

---

(1) *Étude anatomique de quelques Graminées, et en particulier des* Agropyrum *de l'Hérault*, in-4°, avec six planches coloriées.

Mais, pour éviter toute méprise à cet égard, je dois prévenir dès à présent que, sauf mention contraire, les coupes que je comparerai sont toutes opérées sur la deuxième feuille du chaume en partant de la panicule, vers le tiers inférieur du limbe, et toujours sur des feuilles *ayant atteint leur parfait développement*. J'ajouterai qu'il faut apporter le plus grand soin à n'opérer des coupes *de comparaison* que sur des feuilles de même ordre, complétement développées, toujours en un point identique et rigoureusement déterminé. Sans ces précautions, on serait exposé à rencontrer des différences de détail qui, bien que peu importantes, pourraient embarrasser ou même induire en erreur.

Deux Graminées, communes par excellence, nous en fourniront les premiers exemples. Les feuilles inférieures du *Dactylis glomerata* L. et du *Panicum Crus-galli* L. présentent des canaux aérifères, qui disparaissent en partie ou même tout à fait aux feuilles culmaires les plus élevées. De plus, les feuilles basilaires du *Panicum Crus-galli* ont des canaux à air dans le parenchyme incolore de leur nervure médiane ; mais aux feuilles culmaires cette même nervure n'a de canaux qu'à son tiers inférieur. L'épiderme, la disposition du parenchyme vert, restent les mêmes ; mais la présence ou l'absence de ces canaux peuvent tromper.

Les feuilles inférieures de l'*Oryza sativa* L. ont un limbe si fortement rétréci à sa base en une grosse côte, qu'il semble pétiolé ; les supérieures sont entièrement laminaires. Les feuilles culmaires des *Melica minuta* L., *Festuca Eskia* Ram., etc., sont presque dépourvues des assises de fibres qui sont nombreuses sur les feuilles fasciculées. Les feuilles basilaires de l'*Andropogon squarrosum* L. présentent sur leur tiers inférieur des détails de structure un peu différents de ceux du tiers moyen, lesquels diffèrent notablement de ceux du tiers supérieur. Sur de nombreuses espèces (*Panicum plicatum* Lam. ; *Imperata cylindrica*

P. B.; *Erianthus Ravennæ* P. B.; *Andropogon Gayanum* Kunth, *A. squamulatum* Hochst.; beaucoup de *Sorghum*, etc.), le limbe est vers sa base rétréci en grosse côte, et n'est laminaire et complétement étalé qu'au delà de son milieu ; de sorte qu'une coupe opérée vers la base du limbe offrira des détails de forme ou de structure qu'on ne verrait pas sur une coupe opérée plus haut.

Ajoutons que, sur une feuille très-jeune, les éléments de certains tissus, par exemple ceux des groupes fibreux hypodermiques, ceux de l'assise-limite des faisceaux fibro-vasculaires, ceux du tissu étoilé, etc., n'ont ni le nombre, ni l'apparence qu'amèneront le complet développement et la durée. Ainsi, sur le *Sorghum saccharatum* L., vers la base des feuilles jeunes, et aux points où se montrent sur certaines espèces des canaux aérifères, on voit un tissu très-lâche, à grands méats, chargés d'air, tandis que, dans les feuilles adultes, le tissu de ces mêmes points, plus développé et plus serré, ressemble au reste du parenchyme.

Le plus souvent, chaque nœud ne porte qu'une feuille isolée : « Folium unum ad basim cujuslibet nodi » (Kunth, *Enum. plant.*, I, p. 5); « folia ad singulum articulum solitaria » (Steudel, *Syn. Glum.*, p. 1). Cependant, chez un assez grand nombre d'espèces (*Cynodon Dactylon; Sporobolus arenarius* Gouan; *Æluropus littoralis*, la plupart des *Chloris*, etc.), chaque nœud du chaume en supporte deux, et chaque nœud de la région hypogée au moins trois (1). Ces feuilles, qui naissent au nombre de deux ou de trois sur un même nœud, n'ont pas pour cela leurs lignes d'insertion dans un même plan ; mais à leur base, elles sont superposées et distantes d'un demi à un millimètre. La gaîne de l'inférieure embrasse étroitement celle des autres, et les limbes divergent en direction opposée, en suite de cette loi, que toutes les feuilles des Graminées, isolées ou rapprochées, épigées ou hypogées, sont toujours en disposition distique (2).

---

(1) J'ai signalé cette disposition en 1869 ; voyez *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XVI, p. 106 et suiv.

(2) Ce n'est pas ici le lieu d'exposer en détail les rapports que la présence sur un même nœud de ces deux feuilles *à direction opposée* soutient avec les deux glumes

Le limbe est toujours une lame, en ce sens qu'il a toujours *deux faces distinctes*, une supérieure et une inférieure, toujours différentes de structure et souvent d'aspect ; et jamais ce limbe ne perd sa face supérieure et ne se ferme en cylindre, comme ceux de certaines Joncées (*Juncus acutus*, *J. maritimus*, etc.) et de certaines Cypéracées (*Cyperus junciformis*, etc.). Mais cela ne veut pas dire que ce limbe conserve partout et toujours la forme laminaire, mince, plane et rubanée, avec ses faces parallèles (exemple : *Poa annua* L., pl. 18, fig. 4) ; loin de là : et si c'est son apparence la plus fréquente sur les Graminées de nos champs et de nos prairies, sur d'autres espèces aussi nombreuses il est sec, dur, épais, plié en deux ou roulé sur sa face supérieure, sans carène dorsale, et simulant un limbe cylindrique et jonciforme (*Aira media*, pl. 17, fig. 3 ; *Arthratherum pungens*, pl. 17, fig. 10 ; *Lygeum Spartum*, pl. 17, fig. 7, etc.) ; sur d'autres, il se réduit à une grosse côte médiane presque dépourvue d'expansions latérales vertes (*Andropogon lanigerum*, pl. 18, fig. 11, et aussi *Imperata cylindrica*, croissant dans des sables très-maigres, etc.) ; sur d'autres, il présente une forte carène, et ses deux côtés, sans s'épaissir, se relèvent en V très-fermé (*Chloris petræa*, pl. 18, fig. 1 ; *Avena bromoides*, pl. 17, fig. 2, etc.) ; sur d'autres enfin, il est plissé en éventail, avec des plicatures alternant à chaque face (*Panicum plicatum*, pl. 17, fig. 12, 13, etc.). Et il présente ainsi une multitude de formes variées, que nous aurons à examiner dans l'ensemble comme dans les détails de leur structure.

Le limbe est parcouru longitudinalement par des faisceaux fibro-vasculaires de diverses grosseurs. Pour en marquer les différences, j'appellerai *primaires* les faisceaux les plus considérables et les plus complets ; *secondaires* et *tertiaires*, les autres, suivant leur degré de développement (1). Ces faisceaux, renfor-

---

d'un épillet, ni ceux de la suppression de l'une de ces deux feuilles chez beaucoup de Graminées, avec la réduction ou la suppression de l'une des deux glumes dans certains genres, etc., et ce serait presque superflu, tant ces rapports sont immédiatement évidents.

(1) Voyez J. Duval-Jouve, *Étude histotaxique des* Cyperus *de France*, p. 355.

cés de groupes fibreux qui s'y rattachent, déterminent des lignes saillantes à la face *supérieure*, et constituent ce qu'on a appelé des *nervures*. Celle du milieu est d'ordinaire plus forte que les autres, et forme même quelquefois à la face inférieure une saillie prononcée, la *carène*, d'où lui vient la double désignation de nervure *médiane* ou de nervure *carénale*. Mais une telle nervure carénale ne se présente ni sur certaines feuilles, dont la face supérieure est creusée de profonds sillons et l'inférieure tout unie (*Airalati folia*, pl. 19, fig. 6; *Stipa altaica*, pl. 17, fig. 11, etc.), ni sur celles qui ont la région médiane du limbe fort épaisse, et, par suite, au lieu d'une carène à un seul faisceau fibro-vasculaire, ont une *côte* médiane parcourue par un nombre plus ou moins considérable de petits faisceaux (*Saccharum officinarum; Sorghum saccharatum*, etc.).

D'autre part, la nervure carénale n'est pas rigoureusement médiane, et ne partage pas le limbe en deux moitiés d'égale largeur. Sur les feuilles à vernation condupliquée (*Sesleria cœrulea; Avena bromoides; Poa pratensis*, etc.), cette inégalité, se réduisant à une nervure de moins, est peu sensible si les limbes sont complétement étalés; on la constate bien nettement sur ceux qui sont encore en vernation. Mais sur les feuilles à vernation convolutive, l'inégalité est beaucoup plus saillante, et le côté sur lequel s'opère l'enroulement est le plus étroit. Comme sur ce même côté la brièveté du rayon de courbure exige une très-forte inflexion de la face supérieure, les sillons qui séparent les nervures deviennent plus larges et plus profonds, et par suite les nervures plus saillantes. Il est même assez ordinaire que, vers la marge, ce côté n'arrive pas à devenir tout à fait plan, et qu'il reste un peu relevé (*Calamagrostis Epigeios; Festuca arundinacea*, pl. 19, fig. 4; *Brachypodium phœnicoides*, pl. 19, fig. 14); et enfin, lorsque, sur un chaume arraché, le limbe se fane et s'enroule de nouveau, c'est toujours par ce même côté que recommence l'enroulement.

Le sens de l'enroulement est alternant; c'est-à-dire que si, sur une feuille, il est dextre, sur la suivante et sur la précédente il est sénestre; et si, quand toutes les feuilles d'un chaume y sont encore adhérentes, on les étale en éventail, la face supérieure tournée vers l'observateur, elles présenteront le petit côté de leur limbe alternativement dextre et sénestre, mais *toujours sur le même flanc du chaume* (pl. 16, fig. 4). Ce dernier fait est une conséquence d'un autre fait important que j'ai précédemment signalé (*Étude histotaxique des* Cyperus *de France*, p. 350 et suiv.), savoir : que tout chaume de Cypéracée ou de Graminée, n'étant jamais un axe primaire et provenant toujours d'un rhizome, est un rameau par rapport à l'axe primaire idéal, et que les feuilles sont alors inéquilatérales, comme celles d'un rameau d'*Ulmus* ou de *Celtis*, dont le plus petit côté est toujours le plus rapproché de l'axe qui supporte ce rameau.

Pour peu que les marges d'un limbe condupliqué se trouvent gênées dans leur développement, elles s'incurvent en dedans, et la vernation condupliquée aboutit à la vernation convolutive. Entre ces deux modes de vernation, il n'y a donc pas aussi loin qu'il le semble à première vue, et l'un passe très-facilement à l'autre. On en voit des exemples sur le *Lolium rigidum* Gaud., où les feuilles sont, ou condupliquées, ou légèrement convolutées (pl. 16, fig. 8), où souvent même la feuille culmaire la plus élevée est condupliquée vers sa pointe et convolutée vers sa base. C'est ce qui avait fait dire à Clauson que, « dans les feuilles du » *Lolium italicum*, on a le mode condupliqué et le mode en» roulé » (*Bull. Soc. bot. Fr.*, VI, p. 201) ; c'est ce qui peut expliquer le désaccord des botanistes sur la vernation des *Lolium* (Kirschleger, *Fl. d'Als.*, II, p. 361 et 362 ; *Bull. Soc. bot. Fr.*, VI, p. 202), et peut-être aussi pourquoi Linné, qui avait si nettement décrit et figuré les modes de vernation (*Phil. bot.*, p. 105 à 108, 306 et 307), en fit ensuite si peu d'usage dans ses diagnoses et ses descriptions (1).

On peut remarquer encore que l'inversion du sens de l'enroulement de deux feuilles consécutives se retrouverait si les deux mêmes feuilles n'en faisaient qu'une en s'unissant par la marge de leur moitié externe (pl. 16, fig. 7), ou encore si cette moitié du limbe, au lieu de s'étaler, s'enroulait sur elle-même en conservant le sens de la première convolution. C'est ce qui arrive à un rouleau de papier, dont la partie étendue et laissée libre s'enroule de nouveau sur elle-même ; tout en continuant le mouvement et le pli reçus, cette partie s'enroule en sens inverse du premier enroulement. Soit, en effet, un mouvement spiralé (pl. 16, fig. 5) commençant en *a* ; si, arrivé en *b*, il continue en décroissant, il aboutira en *c*, en formant deux spirales de sens inverse, se complétant l'une l'autre pour constituer la vernation involutive d'une feuille idéale, dont la face supérieure serait tournée vers l'axe, mode de vernation qui existe fréquemment dans la nature. Tandis que la même union de deux feuilles consécutives, enroulées dans le même sens, aboutirait à une vernation représentée par la figure 6, laquelle ne se rencontre pas dans la nature, et résulte précisément d'un mouvement spiralé qui, arrivé en *b*, continuerait en sens opposé.

---

(1) Suivant P. D. Giseke, Linné n'aurait pas cessé de croire à la valeur des caractères distinctifs fournis par le mode de vernation des Graminées, et ne se serait abstenu de les employer que par insuffisance de faits observés. — Cf. *Prælect. in ord. nat. plant.*, p. 142.

La marche des nervures dans le limbe présente des particularités qui, à ma connaissance du moins, n'ont pas été signalées, et qui cependant sont assez tranchées et assez faciles à observer pour fournir de bons caractères.

Sur certaines feuilles, la région la plus large est la base même du limbe. Un seul faisceau fibro-vasculaire constitue et la nervure médiane, et la carène plus ou moins saillante; toutes les autres traversent la bande transversale blanche (région pétiolaire) qui sépare le limbe de la gaîne, et toutes sont parallèles à la nervure médiane. Les plus rapprochées d'elle la suivent jusqu'à la pointe ; les plus éloignées expirent sur la marge à mesure que la largeur diminue. de telle sorte que l'ensemble du limbe est triangulaire (pl. 16, fig. 1), quelquefois un peu élargi vers le milieu de sa longueur où les nervures s'écartent un peu entre elles (*Crypsis aculeata ; Arundo Phragmites ; Uniola latifolia*, etc.). Ces feuilles sont à vernation convolutive, et par suite la base du limbe est inéquilatérale, et plus relevée d'un côté que de l'autre (*Phalaris canariensis; Arundo Donax; Hordeum; Triticum*; etc.).

D'autres feuilles, à vernation condupliquée, ont également toute leur largeur à la base du limbe, un seul faisceau constituant la nervure médiane et carénale. Les nervures latérales sont aussi parallèles à celle-ci ; mais les plus rapprochées des marges vont presque jusqu'à la pointe, qui est brusquement atténuée. De ces limbes, les uns, étroits, épais, demeurent pliés et presque cylindriques (*Lygeum Spartum; Stipa tenacissima*, etc.) ; les autres s'étalent en une lame à bords parallèles, subitement coupée en pointe courte et un peu creusée en cuiller (*Sesleria cærulea; Dactylis glomerata; Avena bromoides; Poa trivialis*, pl. 16, fig. 2, etc.).

D'autres enfin ont un limbe étroit à sa base, si étroit même quelquefois qu'il se réduit à une très-grosse côte blanche et canaliculée en dessus, arrondie en dessous, à peine bordée de chaque côté d'une mince saillie de parenchyme (1); mais ces saillies vont en s'élargissant pour constituer les côtés d'un limbe laminaire qui peut devenir très-large (pl. 16, fig. 3). Les nervures, au lieu d'être toutes isolées dès la base et de courir parallèlement à la côte médiane, se détachent successivement de celle-ci à des points toujours plus éloignés de la base, jusqu'à ce qu'enfin, vers le tiers ou le quart supérieur, la nervure médiane devienne isolée comme dans le premier type décrit, et alors les nervures les plus rapprochées d'elle l'accompagnent parallèlement jusqu'à la pointe (*Oryza sativa*, feuilles inférieures; *Panicum Crus-galli; P. plicatum*, pl. 16, fig. 3; *Erianthus Ravennæ; Andropogon annulatum ;* plusieurs *Sorghum*, etc.). De sorte qu'un tel limbe, rétréci à sa base et élargi plus loin, est dans son ensemble linéaire-lancéolé (pl. 16, fig. 3). Au limbe des deux premières catégories, toutes les nervures étaient dès la base isolées de la nervure médiane, et couraient dans le parenchyme vert ; à celui de la dernière, le nombre des nervures courant dans le parenchyme vert augmente à mesure qu'augmente la largeur; mais si l'on fait une coupe transversale d'un tel limbe près de la base, là où la côte est à son maximum d'épaisseur, et simule même une sorte de pétiole (pl. 18, fig. 10, A), on trouve que le nombre des faisceaux principaux est égal à celui des nervures principales au maximum de la largeur (pl. 18, fig. 10, B). Ces nervures partent donc en réalité de la base même du limbe; mais elles ne s'isolent de la côte médiane que successivement, et celle-ci n'est à son tour réduite à une nervure isolée qu'au delà de son milieu et vers la région terminale.

---

(1) Sur l'*Andropogon Gayanum* (pl. 18, fig. 10) cette région rétrécie a toute l'apparence d'un pétiole long de 10 centimètres et large seulement d'un millimètre, sans trace d'expansion laminaire.

On a trop souvent répété après Babel (ou Sprengel, voy. *supra*, p. 296, note), et surtout après Mirbel, que « dans les Graminées » les nervures marchent isolées et ne se communiquent point par » des veines anastomosées » (Mirbel, *Élém. physiol. vég.*, I, p. 151). « Le limbe des Monocotylédonées ne présente pas de nervures » en réseau, si ce n'est dans les *Aroïdées*, *Smilacées* et *Dios-* » *corées* » (Adr. Jussieu, *Cours de bot.*, § 130), etc. J'ai signalé en 1872 la présence de faisceaux fibro-vasculaires transversaux sur les Graminées aquatiques (1); mais comme précédemment 'avais cru, sur l'affirmation de Laharpe (*Monogr. des Joncées*, p. 106), que les diaphragmes étaient particuliers aux Joncées, tandis qu'ils existent dans toutes les Monocotylédones aquatiques, de même alors je crus qu'il n'y avait de faisceaux transversaux que sur les diaphragmes des Graminées aquatiques, tandis qu'ils se rencontrent même sur les feuilles des Graminées non aquatiques, dépourvues de lacunes et de diaphragmes. Et cependant ces faisceaux transversaux sont visibles à l'œil nu et par transparence sur les feuilles d'un assez grand nombre de Graminées (*Panicum Crus-galli; Gynerium argenteum; Bambusa mitis; B. nigra; Eleusine Coracana; Chloris*, etc.) (2).

(1) *Diaphragmes vasculifères des Monocotylédones aquatiques*, p. 161 et suiv.

(2) Sur les planches obtenues par l'impression des feuilles elles-mêmes (*Tafeln im Naturselbstdruck*), qui accompagnent le mémoire déjà cité de M. d'Ettingshausen (*Beitrag z. Kenntniss d. Nervation der Gramineen*), les nervures transversales se sont même imprimées sur les espèces suivantes : *Olyra longifolia* H. et Kunth; *Centotheca lappacea* Desv.; *Panicum clandestinum* L., *P. latifolium* L.; *Orthoclada laxa* Pal. B.;

J'ai trouvé ces faisceaux transversaux dans toutes les Graminées où je les ai cherchés; je citerai celles où ils sont si rapprochés, qu'on en rencontre toujours quelqu'un ou quelque fragment sur une coupe transversale faite au hasard :

Tragus racemosus; Phalaris canariensis; Phleum arenarium; Sorghum halepense, S. saccharatum; Panicum Crus-galli, P. sanguinale; Cynodon Dactylon; Gynerium argenteum; Chloris, toutes les espèces; Sporobolus arenarius; Avena sterilis, A. fatua; Eleusine Coracana; Poa bulbosa; Eragrostis major, E. minor, E. pilosa; Æluropus littoralis; Melica altissima; Dactylis glomerata; Cynosurus echinatus; Festuca arundinacea; Lolium italicum, etc.

Il faut donc reconnaître que les feuilles des Graminées possèdent aussi des faisceaux transversaux de communication entre les faisceaux longitudinaux de divers ordres qui les parcourent parallèlement. Nous reviendrons dans la description histotaxique sur les détails de leur disposition qui varie avec la constitution des limbes.

III

HISTOTAXIE.

Sur la section transversale d'une feuille adulte d'*Avena bromoides* (pl. 17, fig. 2) on voit :

A l'extérieur, une enveloppe cellulaire constituant l'*épiderme*, *a*;

A l'intérieur, un mésophylle composé :

De *faisceaux fibro-vasculaires* de divers degrés, *b*, *b*;

De *groupes fibreux* sous-jacents à l'épiderme et placés au-dessus et au-dessous de chaque faisceau et contre les marges, *c*, *c*;

Bambusa vulgaris Willd. et autres *Bambusa*; *Nastus tessellatus* Nees; mais je n'en ai trouvé nulle mention dans le texte.

M. Sachs mentionne bien ce fait que « parfois les nervures latérales des feuilles des » Monocotylédones sont reliées perpendiculairement par de courtes branches d'anasto- » mose en un réseau à mailles rectangulaires » (*Traité de bot.*, trad., p. 714) ; mais, comme ses devanciers, il paraît n'attribuer cette organisation qu'aux « feuilles dont le » limbe est traversé par une forte nervure médiane, produisant latéralement des ner- » vures parallèles, comme dans les *Musa*, les *Alisma* et *Costus*, ainsi que dans » l'*Ouvirandra* » (*op.* et *loc. cit.*).

Et d'un *parenchyme vert*, *d*, remplissant tout l'intervalle.

Si ensuite on examine la section d'une feuille de *Glyceria aquatica* (pl. 18, fig. 3), on trouve dans le mésophylle, en outre des éléments ci-dessus mentionnés :

Du *parenchyme incolore ;*

Des *canaux aérifères*, *b*, occupés dans le jeune âge par un *tissu étoilé* et interrompus de place en place par des *diaphragmes* d'un tissu particulier.

L'examen d'autres feuilles, quelles qu'elles soient, montrera dans toutes la présence constante des premiers éléments plus ou moins développés, et, dans quelques-unes, l'adjonction de l'un des deux derniers ou de tous les deux, lesquels peuvent être regardés comme des modifications du parenchyme.

Ainsi, les divers éléments à considérer dans l'étude histotaxique des feuilles des Graminées sont les suivants :

1° L'épiderme ;

2° Les faisceaux fibro-vasculaires ;

3° Les groupes fibreux hypodermiques ;

4° Le parenchyme à chlorophylle, éléments qui se trouvent dans toutes ; et en outre :

Le parenchyme incolore ;

Et le parenchyme étoilé des canaux aérifères et de leurs diaphragmes, modifications qui se trouvent dans quelques espèces seulement.

Mais cette structure si simple, et toujours identique en ce qu'elle a de général, est, par développement ou réduction de chacun de ses éléments, susceptible d'une telle variété dans les détails de l'agencement, qu'elle me contraint d'appliquer à cette étude des feuilles des Graminées ce que Malpighi disait de la structure des feuilles en général : « Tam varie configurantur » folia, ut impossibile sit ad certas normas singula reducere : » principalioribus tamen contentus, quasdam exponam foliorum » formas, non ut genera plantarum tot characteribus distincta » constituam, sed ut rudis notitia, facilioris intelligentiæ gratia, » habeatur. » (*Anat. plant.*, p. 32.)

1° Épiderme.

L'épiderme du limbe n'est composé que d'une seule assise de cellules ; mais ces cellules présentent deux formes très-différentes, suivant qu'elles recouvrent les groupes fibreux ou le parenchyme. La plupart des espèces présentent encore, particulièrement à la face supérieure, soit à la plicature médiane, soit entre les nervures principales, mais toujours à des points rigoureusement déterminés suivant l'espèce, des cellules d'une troisième forme, paraissant remplir une fonction toute particulière, et auxquelles leur grandeur et leur apparence sur une section transversale ont valu le nom de cellules *bulliformes* (pl. 16, fig. 16, *f*, *g*). Et comme toutes ces cellules sont disposées en lignes longitudinales parallèles, leurs trois formes diverses constituent des bandes facilement reconnaissables sur les coupes transversales ou sur des lambeaux d'épiderme.

a. Bandes recouvrant le tissu fibreux hypodermique.

Les cellules de ces bandes sont les plus étroites de toutes ; elles ont en même temps les parois les plus épaisses et tout particulièrement la paroi externe ; c'est là leur caractère spécial. Comme leur présence est toujours subordonnée à cette condition d'être superposées au tissu fibreux hypodermique, la largeur de leurs bandes dépend entièrement de celle des groupes qu'elles recouvrent, et elle est en général beaucoup plus grande à la face inférieure du limbe qu'à la supérieure, où souvent elle se réduit à deux rangs de cellules ou même disparaît entièrement (*Chamagrostis minima*, pl. 17, fig. 1 ; *Kœleria villosa*, feuilles basilaires, etc.). Sur les feuilles où le tissu fibreux envahit toute la face inférieure (*Festuca Eskia*, *F. glauca*, pl. 17, fig. 5, etc.), l'épiderme de cette face se compose uniquement de ces cellules étroites, et si le tissu fibreux envahit la face supérieure, les mêmes cellules l'accompagnent et recouvrent le tout, sauf une ou deux lignes de cellules avec stomates qui se trouvent sur les flancs des grosses nervures (*Ampelodesmos tenax ; Stipa tenacissima*, pl. 17, fig. 8, etc.).

Les bandes de cellules bulliformes, ainsi que celles qui recouvrent le parenchyme vert, sont le plus souvent composées de cellules à peu près d'égale longueur, abstraction faite des stomates. Au contraire, les bandes superposées aux groupes fibreux hypodermiques offrent, presque sur toutes les espèces, cette particularité remarquable d'être composées alternativement d'une cellule longue et d'une très-courte, ou même de deux très-courtes (*Elymus giganteus*, etc.), quelquefois même moins longues que larges. Les cellules longues ont la paroi externe plane et lisse ou à peine chagrinée et toujours au niveau général des autres. Or, sauf quelques rares exceptions, cette paroi, sur les cellules courtes, ne reste point à ce niveau ; quelquefois elle ne devient que légèrement convexe et soulevée en petit hémisphère (espèces à feuilles lisses; face inférieure de *Triticum junceum*, *Spartina versicolor*, *Psamma arenaria*, etc.); mais le plus souvent elle saille en pointes courtes, dures, obliques et très-aiguës, qu'on a désignées sous les noms d'aspérités, d'aiguillons, de denticules, etc., ou en longs tubes filiformes et mous, qu'on a appelés poils (*Erianthus Ravennæ; Avena barbata; Bromus erectus*, etc.). Ces cellules *exodermiques* (1) occupent des positions déterminées et ont des formes propres qui ne peuvent être ici indiquées que brièvement, attendu qu'elles diffèrent beaucoup d'espèce à espèce.

Les expansions exodermiques, qu'elles soient courtes et aculéiformes (pl. 16, fig. 12 et 13), ou longues et piliformes (pl. 16, fig. 9, *a*; pl. 17, fig. 13, *p*, et pl. 18, fig. 6, *a*), occupent presque en entier la face externe de la cellule. Celles qui sont hémisphériques et obtuses (*Sporobolus arenarius; Ælhuropus littoralis*, etc.) s'élèvent de cellules dont la partie encastrée dans l'épiderme a la forme d'un parallélipipède (pl. 16, fig. 9, *b; 10*, 11); celles qui sont aculéiformes s'élèvent obliquement d'une cellule qu'elles constituent presque à elles seules et dont la cavité est très-petite entre une paroi externe très-épaisse et une interne plus mince avec canalicules de communication (pl. 16, fig. 12). Il en est absolument de même pour celles qui sont filiformes (*Panicum plicatum*, pl. 17, fig. 13, *p*); leur base encastrée dans l'épiderme constitue toute la cellule qui les supporte. En cela elles diffèrent complétement de ces saillies tubuleuses, faisant fonction de suceurs, qu'on a appelées les poils de l'épiderme des racines, attendu que la base de ceux-ci n'occupe qu'une très-petite partie de la cellule à la surface de laquelle ils surgissent et qui est de même volume que celles qui sont toutes nues.

---

(1) Entre les aiguillons courts et aigus et les plus longs poils, il n'y a qu'une différence de dimension, et la modification organique est la même, savoir, l'expansion de la paroi externe au delà du niveau commun. Le terme doit donc rester le même ; et, malgré ma répugnance pour l'emploi d'un mot nouveau, j'ai pris celui d'*exodermique* pour désigner cette modification. On a pu, au début de l'observation, dire de certains végétaux, qu'ils portaient de la laine, de la soie, du duvet, des cils, des poils, de la barbe, des aiguillons, etc.; et cette comparaison grossière entre l'aspect extérieur de ces végétaux et celui de la peau de quelques animaux serait sans inconvénient, si elle se bornait à l'emploi d'un adjectif exprimant une vague ressemblance, comme si l'on disait de ces expansions exodermiques qu'elles sont piliformes, squamiformes, claviformes, moniliformes, étoilées, etc. Mais, en l'état de la physiologie végétale, il nous semble impossible de conserver comme nom d'organe un des substantifs précités. Cependant celui de *poil* a survécu. On répète bien qu'il est impropre, que les poils

Les expansions exodermiques aculéiformes ont en général la forme d'un cône très-aigu, un peu comprimé latéralement et s'élevant obliquement, soit directement de toute la face externe de la cellule (pl. 16, fig. 12), soit du sommet d'une protubérance hémisphérique qui occupe toute cette même face (pl. 16, fig. 13). La pointe est ordinairement dirigée vers celle du limbe; par exception, à la marge des feuilles du *Leersia oryzoides*, cette direction se montre seulement sur la moitié supérieure du limbe et la direction opposée sur la moitié inférieure; ce qui rend les marges coupantes dans quelque sens qu'on les prenne.

des végétaux ne ressemblent, ni par leur structure, ni par leur mode d'accroissement, aux poils des animaux ; mais l'habitude prévaut, et dans les ouvrages de la plus haute et de la plus juste autorité, on emploie ce terme pour désigner les cellules ou les appareils cellulaires issus de l'épiderme et saillant en dehors, que ce soient « des tubes » simples, ou des séries de cellules, ou des plans de cellules, ou même des masses » compactes de tissu », etc. (Sachs, *Traité bot.*, trad. p. 187). Je crois qu'il y a là un véritable abus. Le même auteur va plus loin encore : il fait des poils un des quatre organes fondamentaux des plantes supérieures, et, suivant lui, les sporanges des Fougères, au lieu de provenir d'une modification de la feuille qui les supporte, « sont » des poils transformés » (*op. cit.*, p. 174, 175, 476 et suiv.). Ce n'est point ici le eu d'examiner cette question.

Sur les Graminées, les expansions exodermiques sont le plus souvent simples et consistent en une seule cellule; mais les fortes expansions marginales du *Tragus racemosus* se distinguent de toutes les autres en ce que, au lieu d'être nues à leur base, elles sont entourées d'un revêtement tubulaire, qui, formé vers le bas de trois ou quatre assises concentriques, diminue d'épaisseur en s'élevant, et expire environ au tiers de la longueur totale de l'expansion piliforme (pl. 19, fig. 9).

Les cellules exodermiques aculéiformes ne se rencontrent guère qu'aux bandes recouvrant le tissu fibreux; elles arment les nervures et surtout les marges des feuilles; mais celles qui sont tubuleuses et piliformes se trouvent aussi sur les autres bandes de l'épiderme, comme nous le verrons plus loin. Les unes et les autres se rencontrent bien plus fréquemment à la face supérieure qu'à l'inférieure; elles manquent même à cette dernière sur la plupart des feuilles coriaces à grosses nervures supérieures (*Lygeum Spartum; Stipa tenacissima; Festuca glauca*, etc.).

Ajoutons que c'est sur les bandes d'épiderme recouvrant le tissu fibreux que se trouvent, chez toutes les Cypéracées, les cellules à fond conique, dont je n'ai pu rencontrer la moindre trace ni dans les Graminées, ni dans les Joncées. (Voy. *Comptes rendus de l'Institut*, *Académie des sciences*, séance du 1^er^ avril 1872, et *Mémoires de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier*, VIII, p. 227 et suiv., pl. XXI, fig. 9, *b*.)

b. Bandes recouvrant le parenchyme.

Les bandes d'épiderme recouvrant le parenchyme sont toujours formées de cellules plus larges et plus longues que celles des bandes superposées au tissu fibreux hypodermique.

Sur les feuilles un peu épaisses et coriaces, ces cellules ont des parois épaisses, avec faces d'articulation crénelées et toutes criblées de grands et nombreux canalicules de communication; vues de face, elles sont à peu près rectangulaires. Sur les limbes minces et mous, leurs parois sont plus minces et les faces d'articulation presque unies avec de très-petits canalicules; et vues de face, elles présentent la forme d'un hexagone très-allongé, si allongé même sur l'*Avena sterilis*, que celles du milieu de chaque bande à la face inférieure ont jusqu'à un millimètre et demi de long, et que sur l'*Hordeum vulgare*, où elles dépassent 2 millimètres, une seule d'elles recouvre plus de cinquante cellules à chlorophylle. Sur certaines espèces (*Festuca arundinacea*, etc.), elles sont, à la face inférieure, rectangulaires avec parois d'articulation unies. Chez plusieurs *Festuca* (*F. duriuscula; F. rubra*, pl. 17, fig. 4, etc.), leur revêtement cuticulaire est très-prononcé et fait saillie au-dessus des parois longitudinales d'articulation.

Ces bandes alternent nécessairement avec celles qui recouvrent les fibres hypodermiques; mais à la face supérieure du limbe elles sont très-souvent partagées en deux par une bande de cellules bulliformes qui s'étend au fond du sillon ou de la dépression entre les nervures. Sur les limbes dont la face supérieure présente de très-grosses nervures où domine le tissu fibreux, elles sont très-réduites et situées sur les flancs de ces nervures (pl. 17, fig. 8).

Sur la plupart des espèces, toutes les cellules de ces bandes sont d'une seule grandeur et à paroi externe lisse; sur quelques espèces seulement, il s'intercale dans leurs rangées de petites cellules, avec expansions exodermiques, soit courtes et aculéiformes, soit très-longues et piliformes. Très-souvent celles qui s'élèvent en expansions piliformes sont à leur base entourées d'un cercle de petites cellules à parois très-minces, un peu proéminentes; la partie encastrée de la cellule exodermique est un peu étranglée au niveau de la face externe des autres, puis au-dessous un peu dilatée et ovoïde (*Panicum plicatum*, pl. 17, fig. 13, *p*; *Sporobolus arenarius*, pl. 16, fig. 6, *a*, et pl. 18, fig. 9, *a*; *Ælluropus littoralis*, etc.). Chez ces deux dernières espèces, des expansions piliformes se montrent aussi dans les dépressions de la face supérieure où se trouvent d'ordinaire les bandes de cellules bulliformes. Chez l'*Andropogon foveolatum*, aux deux faces du limbe, mais particulièrement à la supérieure, les cellules de ces bandes portent des expansions exodermiques de deux sortes. Les unes, aculéiformes, ont une base très-réduite; les autres, en alternance régulière avec des stomates, s'élèvent d'une partie encastrée très-dilatée, sont très-grosses, très-obtuses, cylindriques ou claviformes et d'un aspect tout particulier (pl. 18, fig. 12).

C'est toujours sur ces bandes de cellules que se trouvent les stomates, attendu que toute masse de parenchyme vert doit toujours être en contact avec un point de l'épiderme où s'ouvrent ces organes. J'ai décrit ailleurs la forme et la composition quadricellulaire des stomates des Graminées; je n'ai rien à ajouter ni à modifier à ce que j'en ai dit (1), et je n'ai à m'occuper ici que de leur position.

Ces petits organes sont toujours distribués en rangées longitudinales, soit sur toute la largeur des bandes qui nous occupent, soit tout aussi souvent sur leurs bords seulement.

La répartition des stomates aux faces des feuilles est loin d'être uniforme dans les Graminées. Quelques espèces en ont à la face inférieure seulement, ou n'en ont que très-peu à la supérieure (*Æluropus littoralis*, etc.) (2); d'autres en ont sur les deux faces (*Avena sterilis; Glyceria festucæformis*, *Glyc. fluitans*, *Glyc. aquatica*, etc.); d'autres enfin, plus nombreuses qu'on est porté à le croire, n'en ont absolument qu'à la face supérieure (3).

Lorsque les stomates sont répartis à la face inférieure ou sur les deux faces, le limbe conserve la position normale, c'est-à-dire que sa face inférieure demeure tournée vers le sol; mais si la face supérieure est la seule pourvue de stomates, alors le limbe subit de très-bonne heure un mouvement de torsion d'un demi-tour, qui oppose au sol la face stomatifère presque tout entière. Ce fait se présente avec une invariable constance sur le *Triticum junceum*, le *Psamma arenaria*, le *Gynerium argenteum*, le *Melica altissima*, le *Scleropoa maritima*, etc. Les premières de ces espèces ont de longues feuilles coriaces, dont l'étroitesse se prête facilement à cette conversion ; mais le *Melica altissima* a des feuilles relativement très-larges, très-minces et médiocrement longues ; cependant elles conservent, comme les autres, toute leur largeur au point de torsion.

---

(1) En 1871, je décrivis et figurai l'appareil stomatique des Graminées, des Cypéracées et des Joncées comme composé de *quatre* cellules (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XVIII, p. 236, pl. II, fig. 8 à 15 : *Arête des Graminées*, p. 53 et 77, pl. I, fig. 23 à 26). Cette opinion nouvelle, accueillie d'abord avec quelques doutes, a été plus tard confirmée dans le travail de M. Pfitzer sur les stomates des Graminées, et dans celui de M. C. Zingeler sur les stomates des *Carex : Die Spaltœffnungen der Carices* in *Pringsheim's Jahrb. für wissensch. Botanik*, 1873, t. IX, p. 128-146 (voy. aussi *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XXII, Rev. bibl., p. 18). Parmi les plus grands et les plus beaux stomates des Graminées sont ceux de l'*Avena sterilis ;* à l'autre extrémité se trouvent ceux du *Sesleria cærulea*, que leur petitesse et la forme compliquée de leurs cellules latérales rendent difficiles à expliquer tout d'abord.

(2) Ce doivent être des feuilles de cette catégorie que Linné avait en vue quand il disait : « Pagina vero superior plerumque viridior evadit. » (*Fund. agrost.*, p. 18.)

(3) Sur les *Cyperus* et les *Juncus* (à feuilles non cylindriques) que j'ai pu examiner, je n'ai trouvé de stomates qu'à la face inférieure.

J'ai signalé en 1871 (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XVIII, p. 236) la coexistence de ces deux faits : absence de stomates à la face inférieure, renversement du limbe des Graminées. Je crois que l'un de ces faits est la conséquence de l'autre ; mais je dois me borner encore à en constater la coexistence, attendu que je manque des conditions de recherche nécessaires pour déterminer exactement en quoi la conversion vers le sol des ouvertures stomatiques peut se prêter plus efficacement à l'échange des gaz entre la plante et l'atmosphère. Tout ce que je puis dire, c'est qu'il me semble que, par cette torsion d'un demi-tour, la feuille présente à l'action solaire celle de ses deux faces qui, dépourvue de stomates et revêtue d'une épaisse cuticule, se prête le moins à l'évaporation de l'eau de végétation.

M. J. Sachs mentionne, d'après M. Wichura (1), une torsion sur des feuilles d'*Allium*, d'*Alstrœmeria* et de certaines Graminées, ajoutant « qu'elle a pour résultat de tourner vers le ciel la » face inférieure de la région supérieure du limbe » (*Traité bot.*, trad., p. 1010). Cette expression pourrait faire croire que le savant physiologiste allemand a eu en vue le fait qui nous occupe ; mais s'il la vu, il ne paraît pas avoir soupçonné le rapport que cette torsion a avec la répartition des stomates, car il regarde toute torsion des feuilles comme « résultant d'une plus » longue durée de l'allongement dans les couches périphériques

---

(1) Wichura, in *Flora*, 1852, et in *Jahrb. für wissensch. Bot.*, 1859, p. 200.

» de l'organe » (*op.* et *loc. cit.*, et aussi *Physiol. vég.*, trad., p. 339). Les limbes de l'*Avena bromoides* et quelques autres, pourvus de stomates sur les deux faces, sont souvent tordus en spirale *sur toute leur longueur ;* mais cette torsion totale, très-distincte de celle que nous signalons, laquelle *n'ayant lieu que sur un point*, se réduit à un demi-tour, d'où résulte un simple retournement du limbe; cette torsion totale, dis-je, est due aussi à une autre cause que celle indiquée par M. Sachs. Nous en traiterons plus loin, mais nous ne pouvons le faire qu'après avoir mentionné les dispositions du tissu fibreux hypodermique.

c. Bandes de cellules bulliformes.

En 1870, j'ai signalé, pour la première fois, sur les feuilles des Graminées, les cellules bulliformes que j'ai retrouvées depuis sur des feuilles de Joncées (1) et de Cypéracées (2). Voici ce que j'en disais : « A la face supérieure se montrent des bandes » de cellules beaucoup plus grandes que les autres, à parois » minces, lisses et tout unies. Elles ressemblent à de petites » bulles qui se compriment, et, de cette ressemblance, je les » appellerai *bulliformes*, attendu mon ignorance d'un nom déjà » imposé, et mon impuissance à leur en donner un tiré de leur » fonction. » (*Agropyrum de l'Hérault*, 1870, p. 320.)

Aujourd'hui je suis un peu plus avancé; et, si je ne puis encore déterminer rigoureusement comment fonctionnent ces cellules, j'ai du moins constaté quelques faits qui paraissent en rapport avec leur mode de distribution à la surface des feuilles. Je les exposerai après quelques détails sur la forme de ces cellules et sur leurs modes les plus généraux de distribution.

Les cellules bulliformes (pl. 16, fig. 16, *g*) se distinguent tout d'abord des autres cellules de l'épiderme par leurs plus grandes dimensions et par la minceur permanente de leurs parois. Elles m'ont constamment paru dépourvues de canalicules de communication, et ne m'ont offert non plus aucune trace de contenu coloré ou solide.

---

(1) *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XVIII, p. 235.

(2) *Étude histotaxique des* Cyperus *de France*, p. 354 et suiv.

Celle du milieu de chaque bande est toujours plus forte que les autres, dont le volume décroît progressivement du milieu aux bords de la bande. Sur une coupe transversale, elles se montrent le plus ordinairement cunéiformes, c'est-à-dire plus étroites vers l'extérieur, plus larges vers l'intérieur, disposées en petit éventail renversé : souvent au-dessous du niveau des autres, rarement un peu boursouflées au-dessus (*Zea Mays; Andropogon verticillatum*, etc.). Si on les observe de face sur un lambeau d'épiderme, on voit qu'en général elles sont plus courtes que leurs voisines, et surtout que celles qui leur correspondent à la face opposée (*Tragus racemosus; Lagurus ovatus; Avena sterilis; Hordeum vulgare*, etc.); sur l'*Arundo Donax*, elles sont même plus larges que longues. Leurs surfaces d'articulation sont tout unies ou très-légèrement ondulées, et, sur les bandes qu'elles constituent, je n'ai jamais vu de stomates, non plus que de saillies aculéiformes. Mais sur quelques espèces de *Panicum*, de *Chloris*, etc., il s'élève du milieu d'elles une cellule qui se prolonge en longue expansion piliforme (pl. 17, fig. 13, *e.p*); et sur le *Tragus racemosus*, où la grande cellule du milieu a sa face externe lisse, les latérales ont chacune une courte expansion obtuse tout contre leur extrémité articulaire supérieure (pl. 19, fig. 7 et 8, A, B, C).

Leur nombre, à peu près invariable sur les feuilles d'une même espèce, varie considérablement d'espèce à espèce, depuis trois jusqu'à douze à chaque bande. Leurs dimensions, tout aussi variables, sont toujours en rapport inverse avec le nombre. S'il y en a une douzaine à chaque bande, elles sont étroites, et leur diamètre transversal est à peine double de celui des autres cellules de l'épiderme (*Cynosurus echinatus*, etc.); s'il y en a quatre ou cinq, elles sont très-larges et très-profondes, et s'il n'y en a que trois, et que les deux latérales soient petites, la médiane est énorme, et, avec un diamètre décuple de celui des autres cellules épidermiques, elle occupe les deux tiers de l'épaisseur du limbe (pl. 19, fig. 7 et 8, A).

Leur répartition est absolument invariable sur une espèce; mais dans la famille des Graminées, et souvent dans un même genre, elle est très-diverse. On peut distinguer les modes suivants, mais sans les enfermer avec trop de rigueur sous des définitions qui mettraient des limites là où il n'y en a point de rigoureuses :

A. A la face supérieure seulement.	I. Une bande au-dessus de la carène.	1° Une seule bande sur la carène.
		2° Une bande médiane et quelques latérales.
	II. Point de bande au-dessus de la carène.	3° Une bande seulement de chaque côté de la ligne médiane.
		4° Une bande de chaque côté de la ligne médiane, et quelques petites vers les marges.
		5° Une bande entre chaque faisceau, jamais au-dessus d'un faisceau.
		6° Bandes entre les faisceaux primaires, mais au-dessus de faisceaux tertiaires.
B. Aux deux faces................		7° Une bande inférieure seulement de chaque côté de la carène.
		8° Bandes opposées.
		9° Bandes en alternance.

1° Une seule bande au-dessus du faisceau médian :

Dactylis glomerata, etc.

2° Une bande médiane, et une autre ou plusieurs de chaque côté :

Chloris petræa (pl. 18, fig. 1) ; Andropogon Allionii ; Eleusine oligostachya, etc.

3° Deux bandes seulement, une de chaque côté de la ligne médiane :

Sesleria cærulea (pl. 16, fig. 16), S. argentea ; Andropogon foveolatum (pl. 18, fig. 12) ; Eleusine indica ; Avena bromoides (pl. 17, fig. 2), A. pubescens, A. planiculmis ; Glyceria festucæformis (p. 17, fig. 9), G. nervata, G. fluitans, G. aquatica ; Poa annua (pl. 18, fig. 4), P. bulbosa, P. compressa, P. nemoralis, etc.

4° Une bande de chaque côté de la ligne médiane, puis quelques bandes très-petites vers la marge :

Andropogon squarrosum, etc.

5° Une bande entre chaque faisceau, jamais au-dessus d'un faisceau :

Oryza sativa; Phalaris cærulescens; Crypsis aculeata; Phleum pratense; Alopecurus bulbosus; Tragus racemosus (pl. 19, fig. 7); Cynodon Dactylon; Chloris radiata (pl. 18, fig. 2), Chl. submutica; Eleusine Coracana, E. indica; Arundo Donax, A. Phragmites; Calamagrostis Epigeios; Agrostis verticillata, A. alba; Polypogon monspeliense. P. littorale; Aristella bromoides; Piptatherum paradoxum, P. multiflorum; Kœlleria cristata; Holcus lanatus; Trisetum flavescens; Avena sterilis, A. fatua, A. barbata; Gaudinia fragilis; Glyceria distans; Eragrostis major, E. minor; Melica Magnolii, M. Bauhini; Uniola latifolia; Æluropus littoralis (pl. 19, fig. 10); Diplacne serotina; Bromus erectus, B. purgans; Triticum repens, T. caninum; Brachypodium sylvaticum (pl. 19, fig. 13), B. phœnicoides (pl. 19, fig. 14), etc.

De ces espèces, la plupart n'ont à chaque bande que trois files de cellules, dont celle du milieu est beaucoup plus grande que les autres. A la rigueur, les espèces du deuxième groupe pourraient se réunir à celui-ci, dont elles ne diffèrent que par la présence d'une bande médiane. Les unes et les autres ont un limbe plat et mou.

Les suivantes ont au contraire le limbe coriace, épais, quelquefois étalé, mais plus souvent plié et jonciforme; et sur ces dernières les cellules bulliformes sont très-réduites, rudimentaires ou presque nulles :

Lygeum Spartum (pl. 17, fig. 7); Spartina versicolor; S. cynosuroides; Andropogon argenteum; Gynerium argenteum; Ampelodesmos tenax, où elles sont presque nulles; Psamma arenaria; Lasiagrostis Calamagrostis, où elles sont petites et tapissent presque les flancs des nervures; Stipa altaica (pl. 17, fig. 11), St. pennata, St. capillata, St. juncea, St. papposa, St. formicarum, St. tenacissima, où elles sont presque nulles (pl. 17, fig. 8); Arthratherum pungens (pl. 17, fig. 10), A. ciliatum; Aira cæspitosa, A. media (pl. 17, fig. 3); Avena Hostii, A. sempervirens; Enodium cæruleum; Festuca ovina, F. glauca (pl. 17, fig. 5), F. spadicea, F. arundinacea (pl. 19, fig. 4); Elymus arenarius, E. giganteus; Triticum junceum, T. littorale, etc.

6° Bandes entre les faisceaux primaires, mais au-dessus de faisceaux tertiaires :

Zea Mays; Coix Lacryma; Cenchrus tribuloides; Panicum Crus-galli, P. dilatatum, P. sanguinale, P. vaginatum; Setaria glauca, S. verticillata; Gymnothrix latifolia; Pennisetum longistylum, P. asperifolium (pl. 18, fig. 7); Tripsacum dactyloides; Saccharum officinarum; Erianthus Ravennæ; Imperata cylindrica, I. sacchariflora; Sorghum halepense, S. saccharatum; Andropogon Ischæmum, A. distachyon, A. Gryllus (disparaissent vers les marges), A. avenaceum, A. provinciale, A. annulatum (si développées sur ces trois dernières espèces, qu'elles empiètent sur la côte médiane, occupent presque toute la face supérieure, et par leur dilatation forcent le limbe à s'enrouler en dessous).

7° Indépendamment des bandes de la face supérieure, une bande de chaque côté de la carène à la face inférieure :

Leersia oryzoides (pl. 19, fig. 1).

8° Bandes d'une face opposées à celles de l'autre face :

Cenchrus echinatus; Panicum capillare; P. miliaceum; Phalaris canariensis, Ph. nodosa, Ph. aquatica; Melica altissima, etc.

A la rigueur, on pourrait à cette catégorie réunir la précédente, et de plus y rattacher certaines feuilles plates, minces, très-molles, bientôt fanées et desséchées, dont les deux faces sont semblables, et dont on pourrait dire presque indifféremment qu'elles n'ont pas de cellules bulliformes, ou que, à l'exception des bandes recouvrant les groupes fibreux, elles en ont sur les deux faces, tant sont grandes leurs cellules épidermiques avec des parois minces. Par exemple :

Chamagrostis minima (pl. 17, fig. 1); Polypogon maritimum; Kœleria phleoides; Scleropoa maritima; Bromus commutatus; Lolium rigidum, L. italicum, et beaucoup d'espèces annuelles.

9° Bandes d'une face alternant avec celles de l'autre :

Panicum plicatum (pl. 17, fig. 12-13); Pennisetum cenchroides, etc.

Comme on le voit par ce qui précède, presque toutes les espèces n'ont de bandes bulliformes qu'à la face supérieure, et les ont dans les dépressions ou sinus qui existent entre les nervures latérales ; quelques-unes seulement en ont une au-dessus de la nervure médiane. C'est au contraire cette dernière répartition qui se montre chez les Cypéracées indigènes, où les cellules bulliformes les plus grandes, énormes même quelquefois, se trouvent au-dessus de la ligne médiane, et où, chez plusieurs espèces, le reste de la face supérieure est couvert de cellules bulliformes de moindre dimension (1). Des Cypéracées indigènes et des quelques exotiques que j'ai pu examiner, aucune ne m'a présenté de bandes bulliformes à la face inférieure ; comme aussi je n'ai vu aucune feuille de Graminée, dont la face supérieure fût ainsi *entièrement et uniformément* occupée par ces cellules. Sur les nombreuses espèces d'*Andropogon* (*A. prionodes*, pl. 19, fig. 12), sur quelques *Chloris* où elles envahissent presque cette face, elles alternent toujours avec les bandes de cellules étroites recouvrant les groupes fibreux hypodermiques.

Sur le *Sporobolus arenarius* et sur l'*Æluropus littoralis* où les cellules bulliformes sont peu prononcées, on trouve, dans les dépressions où ces cellules sont ordinairement placées, de grandes cellules groupées autour de la base de fortes expansions filiformes. Leur aspect (pl. 16, fig. 9, *a*,*b*) rappelle celui des cellules bulliformes, et pourrait induire en erreur. Elles reproduisent la disposition que présentent à leur base les expansions de quelques *Panicum* (pl. 17, fig. 13, *p*) ; et, comme ces dernières, elles sont disséminées aussi bien à la face inférieure que dans les dépressions de la face supérieure, ce qui ne permet pas de les assimiler aux cellules bulliformes.

Les principaux modes de répartition des cellules bulliformes sont importants à connaître, non pas seulement pour les distinctions spécifiques qu'ils peuvent servir à justifier, mais pour leur rôle physiologique. En effet, la répartition de leurs bandes est toujours en rapport rigoureux tant avec le *mode de vernation* des feuilles de Graminées qu'avec les *mouvements* divers que ces feuilles exécutent, ainsi que nous allons l'exposer.

---

(1) Voyez J. Duval-Jouve, *Étude histotaxique des* Cyperus *de France*, p. 353 et suiv., pl. XXI et XXII. Les feuilles de plusieurs Joncées (*Juncus compressus* Jacq., *J. bufonius*, etc.; *Luzula campestris*, etc.) ont aussi la face supérieure toute couverte de cellules bulliformes (voy. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XVIII, p. 234, pl. II, fig. 5).

Mode de vernation. — Quand on a constaté la répartition des bandes bulliformes sur les feuilles adultes de certaines Graminées, et qu'on examine à l'état de vernation, même avancée, des feuilles des mêmes espèces, on voit que les points de plicature répondent à la position des bandes bulliformes. Mais les cellules de ces bandes, qui plus tard auront des dimensions quadruples ou décuples de celles des autres cellules épidermiques, sont à ce moment petites, rétrécies, non distinctes et non reconnaissables pour qui n'en aurait pas au préalable étudié la position sur les coupes d'une feuille adulte.

Tout mode de vernation, et surtout le mode convolutif, exige que la face supérieure, interne pendant la vernation, demeure plus étroite, tant que le limbe est enroulé ou condupliqué ; or, c'est sur les cellules bulliformes des lignes de plicature que porte la réduction, et les cellules épidermiques voisines ont déjà atteint leurs dimensions définitives que les cellules bulliformes sont encore en retrait et plus petites qu'elles ; elles ne se montrent complétement développées qu'au moment où le limbe, tout à fait à l'air libre, est en train de s'étaler.

Les feuilles qui n'ont qu'une bande bulliforme médiane, ou seulement une de chaque côté de la nervure carénale, ne peuvent évidemment pas se prêter à la vernation convolutive ; et celle-ci ne peut exister que là où de nombreuses bandes bulliformes lui fournissent les lignes de plicature nombreuses et rapprochées qu'elle exige. Aussi ne la rencontre-t-on que sur les limbes ayant une bande bulliforme entre toutes les nervures, ou au moins entre les nervures principales. De même les limbes qui ont à leur ligne médiane une côte large et épaisse, et qui, par suite, n'ont de bandes de plicature que sur leurs côtés, sont incapables de la vernation condupliquée. Cela ne veut pas dire pourtant que *tous* les limbes à bandes bulliformes latérales soient nécessairement convolutés, puisque ceux dont la nervure médiane est étroite, et comprise, comme les autres nervures, entre deux bandes de plicature, peuvent très-bien être condupliqués sur toute leur largeur, ou, comme nous l'avons constaté sur le *Lolium rigidum*, (p. 303 pl. 16, fig. 8, *a*), présenter un mode mixte, condupliqué contre la nervure médiane, et convoluté vers les marges. Cela signifie seulement que les limbes réduits à une bande médiane unique, ou à une seule bande de chaque côté de la nervure médiane, ne peuvent se prêter qu'à la vernation condupliquée. Aussi les Cypéracées, chez lesquelles la répartition des cellules bulliformes est toujours médiane, ne présentent-elles que la vernation condupliquée simple (*Scirpus Holoschœnus*, etc.), ou condupliquée équitante triquètre (*Cyperus vegetus; Carex*, etc.).

Les limbes qui ont à la face supérieure de très-grosses nervures rétrécies à leur crête et séparées par de profonds sillons (*Spartina stricta* (pl. 18, fig. 5; *Aira latifolia*, pl. 19, fig. 6; *Stipa altaica*, pl. 17, fig. 11, etc.), peuvent se prêter à la vernation condupliquée ou légèrement convolutive, sans bandes bulliformes, ou avec des bandes bulliformes peu développées (*Polypogon maritimum*), attendu que l'étroitesse du sommet de leurs nervures et la largeur des sillons permettent le rapprochement des nervures, et par suite la réduction de surface exigée. Aussi les cellules bulliformes sont-elles nulles ou rudimentaires sur de tels limbes, ainsi que sur ceux qui ne s'étalent pas et restent pliés et jonciformes (*Nardus stricta*, pl. 17, fig. 6; *Lygeum Spartum*, pl. 17, fig. 7; *Arthratherum pungens*, pl. 19, fig. 10, etc.).

L'inégalité que j'ai mentionnée plus haut (page 302), et que les deux moitiés latérales d'un limbe présentent soit dans leur largeur, soit dans la profondeur de leurs sillons, se retrouve sur les bandes de cellules bulliformes. La moitié interne, sur laquelle l'enroulement se fait avec un rayon de courbure plus réduit, a ses bandes plus prononcées; la différence est particulièrement sensible sur les limbes convolutés, dont la côte médiane est épaisse et large, et, des deux bandes contiguës à cette côte, l'une est très-forte et l'autre très-réduite (*Andropogon provinciale*, *A. squamulatum*; *Sorghum halepense*; *Erianthus Ravennæ*; *Imperata cylindrica*, etc.). Cette dernière disparaît même entièrement sur quelques espèces (*Andropogon avenaceum*), tandis qu'une bande bulliforme prononcée persiste sur le bord de la côte contigu à la moitié interne,

A l'exemple de Linné (1), on a bien distingué et décrit les deux principaux modes de vernation des feuilles de Graminées (2) ; mais on n'avait pas encore, à ma connaissance du moins, constaté le rapport qui existe entre la structure anatomique et le mode de vernation.

Mouvements. — Jusqu'à présent on a peu remarqué la motilité des feuilles de Graminées (3). Les mouvements des folioles ou des feuilles des *Hedysarum*, *Mimosa*, *Robinia* et autres, sont tout d'abord saisissables, parce que d'ordinaire ils sont rapides et fréquents, et que le changement dans la position de chaque partie, par rapport à un axe, amène sur l'ensemble de la feuille un changement de forme très-appréciable. Les mouvements des feuilles des Graminées sont très-lents, et le plus souvent n'ont lieu qu'une fois, comme celui de l'expansion du limbe ; ils ne se reproduisent ensuite qu'à de longs intervalles, selon les variations extrêmes de lumière et de sécheresse, ou après une blessure, ou même après un simple froissement. De plus ils s'opèrent sur un limbe, dont ils ne changent guère la forme générale, et qui demeure linéaire après comme auparavant. C'est là sans doute ce qui a fait que l'attention ne s'est point portée sur ces mouvements qui sont très-réels, et consistent en :

Rapprochement ou écartement des moitiés latérales d'un limbe condupliqué ;

Enroulement ou déroulement d'un limbe convoluté ;

Torsion d'un limbe pour tourner vers le sol sa face stomatifère ; mouvement déjà mentionné page 315, et qui dépend uniquement du mode de répartition des stomates (4).

---

(1) *Fund. agrost.*, in *Amœn. acad.*, VII, p. 175 ; cf. supra, p. 296.

(2) Doell, *Flora Bad.*, I, à chaque diagnose générique de Graminées. — Clauson, in *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. VI, p. 199, 202, 482.

(3) Je n'en connais qu'une mention due à M. Brongniart : *Note sur le sommeil des feuilles dans une plante de la famille des Graminées* (*Bull. Soc. bot.*, VII, p. 470, 1860.

(4) A ces mouvements, *qui ont lieu sur le vivant*, il ne faut assimiler ni la torsion

Étudiant, en 1858, les panicules incluses du *Leersia oryzoides*, je fus très-surpris de voir s'enrouler presque instantanément les côtés d'un limbe, dont je froissais la base en la rabattant le long du chaume. Le mouvement de convolution commençait à la pointe, et en quelques minutes s'étendait jusque près de la base du limbe froissé. Je répétai la même opération sur d'autres feuilles de la même espèce ; l'effet fut le même, et se produisit constamment sur tout limbe coupé ou froissé d'une manière quelconque, et aussi, mais lentement, sur tous les limbes *très-frais* d'un chaume détaché de la souche. Je consignai cette observation dans les *Annotations à la flore de France* de Billot, page 161 ; et, détourné par d'autres études, je ne pensai plus à rechercher si d'autres Graminées étaient aussi irritables. Mais, il y a quelques années, j'avais rapporté du Pic Saint-Loup des pieds de *Sesleria cœrulea*, dans l'intention d'opérer des sections sur leurs feuilles remarquablement belles, larges et étalées. Le lendemain, je trouvai toutes mes feuilles pliées en deux, les côtés du limbe absolument appliqués l'un contre l'autre. Je fis des coupes transversales sur cet état, et, les examinant à sec par précipitation et heureux oubli, je vis à la face supérieure, de chaque côté de la nervure médiane, une bande bulliforme, dont les cellules, peu distinctes, me paraissaient étroites et plissées sur leur paroi externe (pl. 16, fig. 16, *f*). Mais au moment où une goutte d'eau fut placée sur le porte-objet, instantanément, et avec la rapidité d'un ressort, la section du limbe s'étala en ligne droite (1), et les cellules bulliformes se montrèrent grandes et à parois distendues (pl. 16, fig. 16, *g*). C'était sur elles et par elles que me parut s'être accompli le mouvement, les autres tissus du limbe étant restés comme auparavant. Je mis dans l'eau quelques pieds de *Sesleria*, en n'y faisant plonger que les racines et la souche, et, au bout de six

---

en spirale des limbes de l'*Avena bromoides*, ni la circination des gaînes du *Gynerium argenteum*, etc., simples effets de dessiccation, dont nous parlerons au sujet du tissu fibreux (page 346 et suiv.).

(1) Avec une goutte d'alcool, il ne se manifeste aucun mouvement ; avec de l'alcool très-étendu, un très-léger écart se produit.

heures, les côtés de chaque limbe jeune et bien frais s'étaient écartés jusqu'à se mettre à angle droit (1).

A partir de ce moment et pendant plusieurs mois, toutes mes recherches ont eu pour objet le rapport des mouvements du limbe avec les bandes bulliformes. Sur certaines feuilles mentionnées plus haut (p. 319, 2^{e} liste du 5^{e} groupe), j'ai eu beau expérimenter de toute façon, je n'ai jamais abouti qu'à entrevoir ou plutôt à soupçonner des écartements insignifiants ou douteux. Les limbes pliés et jonciformes (*Lygeum Spartum*, pl. 17, fig. 7; *Stipa tenacissima*, pl. 17, fig. 8; *Nardus stricta*, pl. 17, fig. 6) demeuraient à peu près tels; les limbes laminaires (*Gynerium argenteum; Andropogon argenteum*, etc.) restaient plats en se fanant, ou ne s'enroulaient un peu qu'après une extrême dessiccation, comme le font les écorces.

De très-beaux exemples de motilité sur des feuilles à vernation condupliquée sont fournis par les *Sesleria cærulea*, pl. 16, fig. 6; *Avena bromoides*, pl. 17, fig. 2; *Glyceria aquatica*, pl. 18, fig. 3, etc. Vers la base du limbe de cette dernière espèce, les cellules bulliformes sont moins prononcées; le limbe y est aussi moins étalé, et y reste presque immobile quand, par une cause quelconque, il s'étale ou se ferme sur le reste de son étendue. En s'approchant du milieu, les cellules des deux bandes bulliformes deviennent assez grandes pour occuper la moitié de l'épaisseur du limbe; au delà, vers la pointe, elles sont si développées, qu'elles occupent les deux tiers de l'épaisseur totale. Mais aussi, sur cette région, les mouvements des limbes jeunes et bien frais sont si considérables, que leurs moitiés latérales, étalées presque en un plan par une matinée fraîche et humide, se relèvent par la chaleur et le hâle jusqu'à former un angle de 45 degrés. Il en est exactement de même sur les feuilles de l'*Andropogon squarrosum*, une des espèces les plus intéressantes à cet égard (2). Toujours pliées au tiers inférieur où elles n'ont point de cellules bulliformes, ces feuilles étalent ou plient leur limbe aux deux autres tiers avec toute variation un peu considérable de chaleur sèche et d'humidité. Elles ont au-dessus de la nervure médiane une forte bande bulliforme, qui permet l'écartement ou le relèvement des côtés ; mais comme elles ont aussi vers la marge trois ou quatre petites bandes bulliformes, le mouvement général se complique d'un mouvement marginal, qui relève en dedans ou rabat en dehors les bords du limbe ; ce qui montre nettement le rapport entre la motilité et la présence des cellules bulliformes. Tous ces mouvements n'ont lieu que sur des limbes jeunes, bien frais et bien sains ; aussitôt que le vent les a froissés ou meurtris, ce qui arrive facilement par suite de leur longueur, tout phénomène de mouvement disparaît.

---

(1) Les limbes jeunes des *Avena bromoides*, *A. pubescens*, *Poa annua*, etc., sont tout aussi bons pour répéter ces expériences, et je ne cite ceux du *Sesleria* que par fidélité historique. Parmi les limbes à vernation convolutive, je citerai : *Calamagrostis Epigeios; Brachypodium ramosum*, etc.

(2) La Graminée dont j'entends parler est cultivée depuis longues années au Jardin des plantes de Montpellier sous le nom d'*Andropogon squarrosum;* elle a les

Sur le *Poa bulbosa*, les feuilles radicales, qui paraissent en automne et persistent pendant l'hiver, ne s'ouvrent presque pas, et les cellules des lignes de plicature sont à peine plus prononcées que les autres ; mais les feuilles culmaires qui s'étalent et se replient ont des cellules bulliformes très-prononcées. Sur ses lignes de plicature, le *Poa trivialis* a des cellules à peine distinctes du reste de l'épiderme ; aussi ses limbes restent-ils toujours plans, même en se flétrissant. Le *Chamagrostis minima*, les *Aira* annuels, etc., n'ont point de cellules bulliformes, et leurs limbes sont absolument dénués de motilité.

Parmi les limbes à vernation convolutive, ceux qui sont larges, très-minces, avec nervures peu saillantes, sont exposés à être bientôt froissés et meurtris par les vents, altérés par les gelées blanches et les coups de soleil qui y succèdent, et ne sont dès lors capables de mouvement que pendant très-peu de jours. Au nombre des limbes les plus motiles, et qui le restent le plus longtemps, il faut mentionner ceux des *Brachypodium ramosum*

---

racines odorantes du Vétiver, mais elle ne fleurit point, ce qui ne permet pas d'affirmer que le nom de son étiquette, ici répété, soit bien le sien. Elle est plantée sur une plate-bande sèche ; or, la structure de ses feuilles et de ses racines est celle d'une plante aquatique, ou au moins des lieux très-humides : serait-ce cette position qui l'empêche de fleurir ? J'ai donné la figure de la section du limbe de cette espèce (Agropyrum *de l'Hérault*, p. XVII, fig. 9).

et *B. phœnicoides* (pl. 19, fig. 14). J'en ai chaque année observé les mouvements depuis le mois de mai jusqu'en septembre, en Crau d'Arles et à Montpellier, et tous les jours de chaleur et de sécheresse je les ai vus s'enrouler vers midi et se dérouler avec la fraîcheur humide de la nuit. Ajoutons que, sur *toutes* les espèces indigènes de ce genre, le limbe à l'état frais est toujours *plan;* mais il s'enroule immédiatement sur la plante arrachée (1).

Sur certains limbes très-motiles (*Sporobolus arenarius*, pl. 18, fig. 6, et *Æluropus littoralis*, pl. 19, fig. 10, etc.), les cellules bulliformes sont peu nombreuses, et plutôt faibles que prononcées ; mais au-dessous d'elles se trouve du tissu incolore, contractile comme elles, et qui en corrobore l'action. L'*Andropogon provinciale* possède aussi ce tissu supplémentaire, mais sous des bandes bulliformes à cellules grandes et nombreuses. Il en résulte qu'en plein état de fraîcheur, la face supérieure, se distendant extrêmement, force les côtés du limbe à s'enrouler en dessous, et que, lorsqu'elle se contracte, elle ramène ces côtés dans un plan. Le développement extrême des cellules bulliformes seules amène le même résultat sur l'*Andropogon annulatum*.

Les feuilles du *Leersia oryzoides* sont des plus instructives. J'ai dit plus haut (page 320), qu'indépendamment des bandes bulliformes de la face supérieure, leur limbe en a une de chaque côté de la carène à la face inférieure (pl. 19, fig. 1), et aussi (page 325) que leur limbe froissé vers sa base s'enroule rapidement. Cet enroulement se propage en descendant, mais il n'est jamais complet vers la base du limbe, et il n'en affecte que les bords. La région longitudinale contiguë à la nervure médiane reste plane ; or, c'est précisément sur cette région que les feuilles de cette Graminée ont des bandes bulliformes à la face inférieure, lesquelles font résistance à la contraction de celles de la face supérieure. Ces bandes bulliformes inférieures cessent avant d'atteindre la moitié du limbe, tandis que celles de la face supérieure subsistent très-fortes sur toute sa longueur.

---

(1) A cette occasion, je ferai remarquer que trop souvent des descriptions faites sur le sec, et non sur la plante vivante, contiennent l'expression banale : « foliis involutis, » feuilles enroulées », pour désigner des limbes très-différents de structure, aussi bien ceux qui, parfaitement étalés et plans à l'état de fraîcheur, s'enroulent seulement par la dessiccation (*Brachypodium*, *Agropyrum*, etc.), que ceux qui, par suite de leur structure, sont toujours pliés et jonciformes (*Aira media*, *Lygeum*, *Stipa tenacissima*), et ne pourraient s'enrouler, avec la meilleure volonté du monde.

Le *Melica altissima* a sur chaque face des bandes bulliformes exactement opposées, et la contraction ou la dilatation des unes neutralisant la contraction ou la dilatation des autres, les limbes restent toujours plans; même quand ils sont séparés du chaume, ils se fanent sans se plisser, sans se rouler, et en conservant seulement la demi-torsion mentionnée page 315.

Le *Panicum plicatum* a des cellules bulliformes dans l'angle de chacune de ses plicatures, c'est-à-dire alternativement à la face supérieure et à la face inférieure (pl. 17, fig. 12 et 13). Des mouvements de plissement longitudinal plus ou moins prononcé sont faciles à constater sur les limbes de cette belle Graminée, quand elle croît en pleine terre, comme au Jardin des plantes de Montpellier. Pendant les jours d'été chauds et secs, les plis des jeunes feuilles se rapprochent jusqu'à cinq heures du soir, et avec la fraîcheur du matin on les trouve plus ouverts. Mais tout mouvement cesse, si le desséchant mistral vient à froisser les feuilles, et l'on ne peut le revoir que sur des feuilles nouvelles.

Plusieurs espèces, soit vivaces (*Phleum*, *Alopecurus*, etc.), soit annuelles (*Aira*, *Scleropoa*, *Psilurus*, *Briza*, etc.), dont les feuilles, peu résistantes, sont bientôt fanées, n'ont que des cellules bulliformes peu prononcées, et je n'ai pu constater sur leurs limbes aucun mouvement bien déterminé.

Dans les exemples que nous venons de citer, comme dans tous les mouvements de même nature que j'ai pu observer, les cellules bulliformes paraissent perdre leur turgescence à la suite d'une évaporation diurne excessive, et, par leur contraction, entraîner le mouvement du limbe, avec d'autant plus de facilité, que la même cause a diminué la résistance des autres cellules. Mais en pliant le limbe ou en l'enroulant, elles diminuent d'autant les surfaces d'évaporation, et comme à cette diminution de transpiration se joint l'humidité nocturne, et que l'activité d'absorption des racines demeure constante, les cellules bulliformes reprennent leur état de distension, et le limbe s'étale de nouveau (1).

Le mouvement s'opère donc sur les bandes bulliformes comme sur des ressorts-charnières ; et si l'on se rappelle le mouvement de demi-torsion résultant de la distribution des stomates à la face supérieure seule, on verra que la loi de ces divers mouvements se trouve dans le mode de répartition des stomates pour l'un, et des cellules bulliformes pour l'autre, et que ces modes constatés sur la section d'un limbe permettent de conclure les mouvements que le besoin de la fonction peut imposer.

2° FAISCEAUX FIBRO-VASCULAIRES.

On a bien souvent décrit et figuré les faisceaux fibro-vasculaires des grandes tiges monocotylédones des *Dracæna*, des Palmiers, ces *princes* des végétaux (2) ; mais ceux des feuilles des *plébéiennes* Graminées (3) sont loin d'avoir obtenu le même honneur. C'est pourquoi je crois devoir en décrire brièvement la composition, afin de ne laisser aucun doute sur le sens des mots que j'aurai à employer.

Dans l'examen des faisceaux des feuilles de Graminées, un caractère frappe tout d'abord par son invariable constance, savoir : la rigoureuse symétrie avec laquelle les éléments en sont ordonnés, soit par rapport au faisceau, soit par rapport à l'ensemble de la feuille. Une section transversale de l'un des plus forts (pl. 16, fig. 15) nous le montre composé :

---

(1) Cette distension est-elle due à la pression du liquide remplissant entièrement et gonflant les cellules, ou à ce que les parois, pénétrées elles-mêmes par le liquide, reprennent une fermeté et une élasticité qu'elles perdent par l'évaporation ? Je ne puis le dire. Je ferai remarquer seulement que, attendu la longueur ordinaire des cellules bulliformes, toute coupe transversale un peu mince les ouvre au moins par une de leurs extrémités ; que de pareilles coupes imbibées s'étalent aussi vite que des coupes plus épaisses, et qu'il est, en ce cas, impossible de supposer que la distension ait lieu par la pression du liquide accumulé dans la cellule, puisqu'elle est ouverte. Entre l'épaisseur des parois crispées d'une cellule bulliforme observée à sec et celle des mêmes parois imbibées et distendues, j'ai cru voir une légère différence, mais je n'ai pu l'apprécier assez exactement pour oser l'affirmer.

(2) H. von Mohl, *De Palm. structura*, 1831 ; Adr. de Jussieu, *Cours élém. bot.*, § 76, fig. 99 ; Richard, *Cours bot.*, 10^{e} édit., p. 69, fig. 41 ; Duchartre, *Elém. bot.*, p. 181, 182 ; Le Maout et Decaisne, *Traité de bot.*, p. 100, etc.

(3) « PALMÆ : *Principes*, eminentes celsitudine eximia, opulentes gazis fructuum opi» mis. — GRAMINA : *Plebeii*, campestres, constituentes vim roburque regni, quoque magis » mulctati et calcati, magis multiplicativi. » (Linné, *Syst. nat.*, edit. 12^{a} ; præf., p. 3.)

De deux (rarement quatre) gros vaisseaux ponctués ou rayés, *a*,*a*, placés latéralement l'un vis-à-vis de l'autre, parallèlement à la face inférieure du limbe (1).

D'un groupe de très-petits vaisseaux réticulés et ponctués-aréolés, séparant les précédents, *b* ; très-nombreux sur certaines espèces (plus de cinquante sur le *Festuca arundinacea*), ou réduit sur d'autres (*Leersia oryzoides; Panicum Crus-galli*, etc.) à deux ou trois.

Au-dessus de ce groupe, je veux dire vers la face supérieure et sur la ligne médiane, d'un ou de plusieurs vaisseaux annelés *c*, situés dans une lacune aérifère *d*, due à l'écartement et au déchirement du tissu ambiant plus ou moins scléreux.

A l'opposé et toujours sur la ligne médiane, d'un groupe de tissu à parois transversales grillagées *e* (vaisseaux propres de H. von Mohl).

Et chaque faisceau est ainsi rigoureusement orienté, de manière que le même pôle est toujours tourné vers la même face de la feuille, le pôle annulifère vers la supérieure, le pôle à tissu grillagé vers l'inférieure. Chaque pôle reçoit le nom de la face dont il est le plus rapproché (2).

Le cordon ainsi constitué, ovale ou cylindrique, est circonscrit et limité par une assise de cellules *f*, que leur forme, leur couleur et le mode d'épaississement de leurs parois distinguent de tous les autres tissus. Sur une coupe transversale, la forme du contour de ces cellules est en général celle d'un demi-cercle, dont l'arc est vers l'intérieur du faisceau et le diamètre vers l'extérieur ; leurs parois, d'un jaune clair, ne s'épaississent qu'aux faces interne et latérales, ce qui leur donne plus ou moins la forme d'un fer à cheval. Ces caractères sont exactement ceux des cellules de l'*assise-limite* du cylindre vasculaire dans les racines des Monocotylédones (*assise protectrice*, *membrane protectrice* de M. Van Tieghem ; *Kernscheide* des Allemands : voyez *Étude histot. des* Cyperus *de France*, p. 351, note). Et, de même que l'assise-limite des racines sépare nettement le cylindre vasculaire interne de la zone corticale, ainsi cette assise sépare le faisceau de tout le tissu ambiant. Par suite de cette identité de forme, de position et de fonction, je conserverai à cette assise le nom d'*assise-limite*. Ajoutons que, sur beaucoup d'espèces, les faisceaux ont entre chacun de leurs pôles et l'épiderme, ou au moins contre le pôle inférieur, un groupe fibreux si intimement uni à eux, qu'il semble en faire partie intégrante (pl. 16, fig. 15, *g*).

---

(1) Comme ces vaisseaux s'articulent en sifflet, une section transversale, opérée sur l'articulation, coupe souvent en même temps les deux extrémités articulaires ; ce qui simule la présence, sur un côté, de deux vaisseaux inégaux et d'un seul sur l'autre.

(2) Quelquefois aussi on les appelle pôle interne et pôle externe, dénomination qui est la seule à employer pour les faisceaux des chaumes, lesquels sont également orientés.

Ainsi, sur chaque côté, un gros vaisseau rayé (pl. 16, fig. 15, *a*) ; sur la ligne médiane, vers le pôle supérieur, vaisseaux annelés *c* dans la lacune *d* ; groupe de petits vaisseaux *b* entre les latéraux *a*, et inférieurement groupe de tissu grillagé *e* ; assise-limite prosenchymateuse *f* enveloppant le tout : tels sont les éléments de tout faisceau complet. Mais il s'en faut beaucoup qu'ils se présentent tous sur tous les faisceaux et sur toutes les espèces.

D'abord l'assise-limite ne se montre pas sur toutes les espèces aussi complète et aussi régulière que nous venons de la décrire ; et là où elle est complète, elle offre encore deux modifications : ou bien elle est seule à limiter le faisceau, et contre elle se trouve soit du parenchyme à chlorophylle (*Spartina stricta*, pl. 18, fig. 5 ; *Andropogon ; Polypogon ; Æluropus ; Diplachne ; Tripsacum*, etc.), soit du prosenchyme (*Stipa tenacissima*, pl. 17, fig. 8) ; ou bien elle est immédiatement entourée elle-même d'une assise complète et régulière de parenchyme incolore (*Lygeum Spartum*, pl. 17, fig. 7 ; *Agrostis*, quelques *Festuca* et le plus grand nombre des Graminées). Chez quelques espèces, cette seconde assise incolore n'existe que sur la moitié supérieure du pourtour (*Poa bulbosa*, *P. compressa*, *P. annua ; Eragrostis major*, *E. minor*, *E. pilosa*; *Melica Magnolii*, *M. Bauhini*, *M. altissima*; *Dactylis*; *Enodium*; *Bromus erectus*; *Brachypodium*, etc.). Chez d'autres, la forme des cellules de l'assise-limite n'est bien tranchée que sur la moitié inférieure du pourtour (*Sporobolus*, etc.). Chez quelques-unes, les parois des cellules de cette assise s'épaississent à peine, et le faisceau est circonscrit par une assise de grandes cellules incolores (*Tragus racemosus*, pl. 19, fig. 7; *Phleum pratense*; *Arundo Donax*, *A. Phragmites*, etc.). Enfin chez plusieurs autres, bien que les faisceaux vasculaires aient à leur pourtour des cellules prosenchymateuses, ce pourtour n'a pas une limite rigoureusement déterminée; ses cellules ont leurs parois toutes également épaisses, et, à mesure qu'elles s'éloignent du faisceau, elles perdent de cette épaisseur, augmentent en diamètre, et deviennent semblables au reste du parenchyme (*Mays*; *Coix*; *Panicum*; *Gymnothrix*; *Cynodon*; *Chloris*; *Eleusine*; *Erianthus*; *Saccharum*; *Imperata*; *Sorghum*, etc.).

Sur un grand nombre d'espèces (*Erianthus*; *Saccharum*; *Sorghum*; *Stipa juncea*; *Avena sempervirens*, etc.), il se détache transversalement de l'assise prosenchymateuse du pourtour un plan de tissu de même nature, lequel, passant entre les gros vaisseaux et le groupe grillagé, achève de circonscrire ce dernier dans une gaîne toute spéciale (pl. 16, fig. 15, *f'*).

Les faisceaux d'un même limbe ne sont pas tous également développés. Les plus forts, les *primaires*, ont tous les éléments sus-mentionnés au grand complet; d'autres, les *secondaires*, perdent les vaisseaux annelés de la lacune, en conservant les autres éléments, mais moins prononcés; d'autres enfin, les *tertiaires*, perdent encore les gros vaisseaux latéraux symétriques et finissent par se réduire à un faible cordon de petits vaisseaux ponctués et de tissu uni à parois transverses grillagées, ou seulement à ce dernier tissu. On voit ainsi que, en énumérant ci-dessus et en décrivant les éléments des faisceaux, nous l'avons fait dans l'ordre de leur apparence, et non dans celui de leur importance, car les moins saillants et les derniers décrits, le tissu grillagé et l'assise-limite, sont les seuls à persister, après la disparition successive des autres.

Ces divers ordres de faisceaux ne se trouvent pas non plus tous réunis sur chaque espèce, et l'on peut constater les modes de répartition suivants :

1° Tous s'y trouvent : à la nervure médiane, un primaire ; aux nervures latérales les plus saillantes, des primaires et des secondaires ; aux petites nervures intermédiaires, des tertiaires, toujours plus rapprochés que les autres de l'épiderme inférieur (*Mays*, *Coix*, *Oryza*, *Leersia*, *Phalaris*, *Sesleria*, la plupart des Panicées, des Andropogonées, des Stipacées, des Avénacées, des Festucacées, etc.). Dans les Panicées et les Andropogonées, les faisceaux tertiaires ont au-dessus d'eux des bandes de cellules bulliformes (1).

2° Il n'y en a que de primaires et de secondaires, presque égaux : *Cynodon; Spartina stricta* (pl. 18, fig. 5); *Elymus arenarius*, etc.

3° Un primaire à la carène et des tertiaires sur les côtés du limbe (*Tragus racemosus*, pl. 19, fig. 7 ; *Sporobolus arenarius*, pl. 18, fig. 6 ; *Aira media*, pl. 17, fig. 3 ; *Festuca glauca*, pl. 17, fig. 5 ; *F. heterophylla*, pl. 17, fig. 4 ; *Nardus stricta*, pl. 17, fig. 6).

4° Des faisceaux rudimentaires seulement : *Chamagrostis minima* (pl. 17, fig. 1).

En général, il n'y a dans chaque nervure qu'un seul faisceau ; quelques espèces (*Aira cespitosa; Festuca spadicea; Aira latifolia;* pl. 19, fig. 6 ; *Stipa tenacissima*, pl. 17, fig. 8) font exception. Les deux premières ont presque toujours, outre le faisceau normal, un très-petit faisceau (ou quelquefois deux) vers la base de leurs plus fortes nervures ; la troisième en a trois (pl. 19, fig. 6) : un médian très-fort *a*, et deux latéraux plus faibles *b*, *b*, et la dernière en a jusqu'à quatre disposés au-dessous du faisceau normal, comme le montre la figure 8, pl. 17, et même un autre au-dessous de chaque sillon.

---

(1) Le *Panicum plicatum*, si remarquable par la répartition de ses bandes bulliformes, ne l'est pas moins par celle de ses faisceaux primaires. Sur les autres limbes, ces faisceaux sont toujours également distants des bandes bulliformes de plicature placées entre eux ; mais, aux côtés du limbe plié de ce *Panicum* (pl. 17, fig. 12 et 13), les faisceaux primaires, au lieu d'occuper cette position symétrique, sont situés tout contre le côté intérieur de chaque angle inférieur de plicature, et il n'y en a point contre les angles supérieurs ; de façon que, d'un côté, ils n'ont entre eux et le sommet de l'angle inférieur que deux ou trois petits vaisseaux, et, que de l'autre côté, ils en ont plus de trente. C'est cette disposition qui fait paraître les nervures doubles dans la figure que M. d'Ettingshausen a donnée de cette plante par le procédé de « *Naturselbstdruck* » (*op. cit.*, tab. III, fig. 10).

Les différences de développement entre les faisceaux d'un même limbe sont en général moins grandes chez les Graminées que chez les Cypéracées (voy. *Étude histot. des* Cyperus *de France*, p. 353, pl. XXI, fig. 1 à 12, et pl. XXII, fig. 1 à 11) ; mais, par contre, les différences de grosseur entre les nervures sont bien plus prononcées chez les Graminées que chez les Cypéracées, et dès lors elles ne sont pas dues seulement à l'inégalité de force des faisceaux, mais bien au développement des tissus fibreux et parenchymateux qui les accompagnent (pl. 17, fig. 10, 11 ; pl. 18, fig. 5 ; pl. 19, fig. 4, 6, 11, 13, 14). Le mode de répartition des nervures de divers ordres fournit d'excellents caractères de distinction que M. d'Ettingshausen a employés dans la détermination des Graminées fossiles, mais qu'il serait hors de propos d'exposer ici.

Les faisceaux sont répartis sur toute la largeur du limbe, en une seule ligne et non en deux ou trois, comme chez certains *Cyperus* (*Étude histot. des* Cyperus *de France*, p. 399, pl. XXII, fig. 1 à 12). Une sorte d'exception se montre sur les feuilles de l'*Oryza sativa*, lesquelles ont une côte médiane très-forte et parcourue, au tiers inférieur, par des canaux aérifères avec tissu étoilé et diaphragmes vasculifères (pl. 19, fig. 2 et 3). Or, il y a des faisceaux contre la face supérieure, comme à l'inférieure, et, si les sujets sont très-forts, quelques faisceaux existent aussi aux points de jonction des murs mitoyens des canaux aérifères. La côte médiane du *Leersia oryzoides* (pl. 19, fig. 1) possède aussi deux rangs de faisceaux. J'ai vainement cherché deux rangs de faisceaux sur les feuilles des Panicées et des Andropogonées qui ont cependant des côtes médianes extrêmement prononcées, et même chez l'*Andropogon lanigerum*, dont le limbe se réduit à une côte sans expansions latérales (pl. 18, fig. 11), il n'y a qu'un rang de faisceaux contre la face inférieure.

J'ai mentionné ci-dessus (page 306) les faisceaux transversaux qui relient entre eux les faisceaux longitudinaux et constituent un réseau dans le limbe. Ces faisceaux sont fort petits et se composent de un à trois vaisseaux rayés, enveloppés d'une assise de fibres lâches ou plutôt de cellules longues à parois minces. Dans les Graminées aquatiques, ces faisceaux reposent sur des diaphragmes que j'ai décrits et figurés (*Diaphr. vascul. des Monocot. aquat.*, p. 160 et suiv., pl. VIII, fig. 1, 2, etc.); mais, dans les limbes des espèces non aquatiques, ils passent tout au travers du parenchyme vert et spongieux du mésophylle (pl. 16, fig. 14, *d*; pl. 17, fig. 11; pl. 19, fig. 6). Les méats de ce tissu sont excessivement chargés d'air, et, par suite, les sections opérées paraissent noires et confuses, si elles ne sont pas très-minces, et même, si l'on veut voir bien nettement les faisceaux transversaux, on doit encore purger d'air les meilleures coupes par une ébullition de quelques secondes dans l'eau, ou par un séjour de quelques heures dans l'alcool étendu. Dans les limbes à canaux aérifères (*Glyceria aquatica*, pl. 18, fig. 3), ces faisceaux se détachent à angle droit des faisceaux longitudinaux pour courir sur les diaphragmes qui les supportent. Dans les autres limbes, leur direction est toujours plus ou moins oblique, et même, chez les espèces qui, comme les *Festuca arundinacea* (pl. 19, fig. 4), *Psamma arenaria; Glyceria festucæformis* (pl. 17, fig. 9), ont à la face supérieure du limbe de grosses nervures et de profonds sillons, ils s'infléchissent pour passer entre le fond des sillons et l'épiderme inférieur (pl. 19, fig. 6, *a*, *a*). Dès lors les coupes transversales ne les présentent qu'en fragments, et, pour les avoir entiers, il faut faire des coupes longitudinales dans le plan d'un limbe, ou les obtenir isolés par macération prolongée. Je les ai toujours vus simples sur les côtés des limbes, attendu qu'il n'y a qu'un rang de faisceaux longitudinaux; mais sur la côte médiane de l'*Oryza sativa*, où il y a de très-élégants diaphragmes, et jusqu'à trois rangs de faisceaux longitudinaux, ils se bifurquent pour se rendre à plusieurs faisceaux (pl. 19, fig. 2, *a*), ainsi qu'ils le font sur les diaphragmes des *Juncus* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XVIII, pl. II, fig. 1-4), et sur ceux des *Scirpus* (*Diaphr. vascul. des Monocotyl. aquat.*, p. 160, pl. VIII, fig. 2).

Ces faisceaux transversaux, si grêles, relient entre eux des faisceaux longitudinaux de tout ordre. Or, s'ils s'étendent entre deux faisceaux tertiaires réduits au tissu grillagé, il est évident qu'ils ne peuvent s'anastomoser qu'avec ce tissu ; mais il en est de même s'ils aboutissent à un faisceau primaire, et ils s'infléchissent un peu, comme je l'avais constaté sur les *Juncus* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XVIII, p. 233, pl. II, fig. 4), pour aller au-dessous du gros vaisseau latéral s'anastomoser avec le groupe de tissu grillagé (pl. 17, fig. 11, *b*). Ce groupe paraît donc avoir dans les faisceaux une importance toute spéciale, en ce qu'il en est l'élément qui subsiste toujours et celui par lequel s'établit la communication des faisceaux entre eux. Hartig et H. v. Moh ont déjà attribué un rôle important à cet élément ; mais, si je ne me trompe, le rôle tout spécial que j'indique ici n'a pas encore été signalé.

3° Tissu fibreux hypodermique.

Ce tissu est constitué par des cellules très-longues, très-étroites, effilées à leurs extrémités, emboîtées entre elles très-étroitement et sans espaces intercellulaires, à parois incolores et très-épaissies avec l'âge, à cavité très-réduite, à canalicules peu nombreux. On l'a souvent appelé prosenchyme, et, chez les Monocotylédones, tissu libériforme.

Le plus ordinairement, il est réparti par groupes isolés, lesquels, à l'exception des deux marginaux, sont situés au-dessus et surtout au-dessous des faisceaux fibro-vasculaires, soit en contact avec eux, soit séparés d'eux par une ou plusieurs assises de parenchyme (pl. 16, fig. 14, *c*, et 15, *g*). Leur répartition paraît donc se rattacher à celle des faisceaux, dont ils seraient comme une dépendance (1). Ainsi, sur les côtés du limbe du *Zea Mays*, du *Coix Lacryma*, de l'*Andropogon provinciale*, ces groupes, contigus à chaque pôle des faisceaux, y sont si étroitement unis qu'ils semblent en faire partie intégrante. A la côte médiane des mêmes plantes, le pôle inférieur des faisceaux est le seul à posséder un groupe fibreux *contigu*, et les groupes fibreux qui courent sous l'épiderme supérieur sont séparés de tout faisceau par plusieurs assises de parenchyme incolore; mais on voit très-bien que, par leur position au-dessus des gros faisceaux, ils se rattachent à eux et sont une dépendance du système vasculaire.

---

(1) Pour éviter toute confusion, j'appelle *groupes fibreux* ces cordons composés de fibres toutes semblables et simplement juxtaposées, et je réserve le nom de *faisceaux fibro-vasculaires* (ou celui plus court de *faisceaux*) pour les cordons où des vaisseaux

Le même rapport s'est présenté à moi sur tous les limbes que j'ai examinés, et, si sur plusieurs il y a des faisceaux tertiaires sans groupes fibreux ou n'en ayant que vers la face inférieure, sur aucun il n'y a de groupe fibreux là où il n'y a pas de faisceau auquel il soit subordonné. Les deux groupes marginaux ne font exception qu'en apparence : on voit, en effet, que contre chacun d'eux existe un petit faisceau marginal, et que leur relation avec ce faisceau est dissimulée tant par leur développement que par un léger déplacement que leur fait subir le relèvement de la marge. C'est ce qui devient très-évident sur l'*Andropogon dorsisetum*, où le faisceau marginal est accompagné de deux groupes fibreux si prononcés, qu'ils constituent des bourrelets qui, sur une coupe transversale, donnent à la marge la forme d'un T (pl. 18, fig. 8, *a*, *b*). A côté de cette disposition, je dois en mentionner une autre très-particulière que présente le *Chloris radiata*. A toute la région médiane, et même jusqu'au voisinage des marges, on voit, au-dessous de l'épiderme, du parenchyme incolore qui occupe au moins la moitié de l'épaisseur du limbe, et le tissu fibreux y est à peine représenté. Mais tout à coup, au-dessus et au-dessous du faisceau primaire le plus rapproché de la marge, ce tissu se développe en deux bandes très-larges et si épaisses, qu'elles doublent presque l'épaisseur du limbe. Ensuite, de là jusqu'à la marge, ce tissu cesse aussi bien que le parenchyme incolore (pl. 18, fig. 2, *a*, *b*).

et d'autres tissus constituent un système d'éléments divers, non plus seulement juxtaposés, mais ordonnés entre eux et en rapports déterminés. (Cf. *Etude histot. des* Cyperus *de France*, p. 354 et 355).

Sur une Graminée d'Abyssinie, *Aira latifolia* Hochst., chaque nervure a trois faisceaux fibro-vasculaires, un médian très-fort avec deux latéraux moins gros, et contre l'épiderme inférieur il y a trois groupes fibreux dont chacun, par sa position et sa grosseur, correspond à l'un des faisceaux (pl. 19, fig. 6). Sur les limbes du *Stipa tenacissima*, le tissu fibreux arrive à son développement extrême et envahit tout ce qui n'est pas occupé par le parenchyme vert ; mais aussi les faisceaux y sont eux-mêmes si multipliés et si dominants, qu'il y en a jusqu'à cinq dans une seule nervure, et même un au-dessous des sillons entre les nervures (voy. ci-dessus, p. 334, pl. 17, fig. 8). Les sections de quelques autres limbes, où ce tissu est encore très-développé (*Lygeum Spartum*, pl. 17, fig. 7 ; *Ampelodesmos tenax*, etc.), présentent parfois, entre les grosses nervures, de petits groupes fibreux ne paraissant correspondre à aucun faisceau ; mais, si l'on opère des sections plus près de la base même du limbe, on trouve au-dessus de chacun de ces petits groupes un faisceau rudimentaire qui ne s'étend pas aussi loin que le tissu fibreux dont le développement a prédominé.

L'*Oryza sativa* nous offre, à cet égard, une disposition importante et à signaler. Sur toute l'étendue des côtés du limbe, chaque faisceau, entouré de cellules incolores, est accompagné, en dessus comme en dessous, d'un groupe fibreux proportionné à l'ordre du faisceau ; mais nous avons vu (p. 335) qu'à la côte médiane, sur la moitié inférieure du limbe, il y a, comme sur certains *Cyperus* (*C. serotinus*, etc.; *Étude histot. des* Cyperus *de France*, p. 389, pl. XXI, fig. 7, etc.), deux rangs de faisceaux séparés par du tissu incolore, avec canaux à diaphragmes, et chaque faisceau est relié à l'épiderme par un groupe fibreux. En avançant vers la pointe, les canaux s'oblitèrent, et avec eux les faisceaux de la face supérieure ; mais on voit subsister les groupes fibreux qui en dépendaient. Même disposition sur le *Leersia oryzoides*, plus prononcée encore, avec une assise continue de fibres à la face inférieure de la côte médiane (pl. 19, fig. 1).

Le *Panicum Crus-galli*, qui a aussi une côte médiane très-épaisse avec parenchyme incolore, canaux à tissu étoilé et diaphragmes, n'a qu'un seul rang de faisceaux à la face inférieure de cette côte ; mais à la face supérieure un groupe fibreux est situé vis-à-vis de chaque faisceau primaire.

La position des groupes fibreux, étant donc subordonnée à celle des faisceaux, est, par cela même, déterminée dans son ensemble, et, à part les modifications de développement, il y a bien peu de diversité dans les combinaisons auxquelles cette position peut se prêter.

Voici les principales :

1° A peine une trace sous le faisceau médian :

Chamagrostis minima (pl. 17, fig. 1) ; Psilurus aristatus, etc.

2° Un groupe à la carène et à chaque marge ; quelques traces vis-à-vis des autres faisceaux :

Avena bromoides (pl. 17, fig. 2), A. pubescens, A. planiculmis ; Sesleria cærulea, S. argentea ; Poa annua (pl. 18, fig. 4), P. bulbosa, P. compressa ; Dactylis glomerata ; Lolium rigidum, etc.

3° Groupes plus ou moins forts à la carène et aux marges (ou même assise continue à la face inférieure), point à la supérieure :

Festuca ovina, F. tenuifolia, F. rubra, F. heterophylla (pl. 17, fig. 4), F. Eskia, F. glauca (pl. 17, fig. 5), etc.

4° Groupes au-dessus et au-dessous des faisceaux primaires seulement :

Cenchrus tribuloides ; Gymnothrix latifolia ; Pennisetum asperifolium (pl. 18, fig. 7), P. longistylum, P. cenchroides ; Panicum Crus-galli, P. capillare, P. miliaceum, P. dilatatum, P. plicatum (pl. 17, fig. 12 et 13), P. vaginatum, P. sanguinale ; Setaria glauca, S. verticillata ; Ctenium americanum (pl. 19, fig. 5) ; Cynodon Dactylon ; Andropogon Ischæmum, A. annulatum, A. Gryllus, A. squarrosum, A. distachyon, A. Allionii, A. argenteum, A. connatum (pl. 18, fig. 9), A. Gayanum (pl. 18, fig. 10), A. lanigerum (pl. 18, fig. 11), A. foveolatum (pl. 18, fig. 12), A. prionodes (pl. 19, fig. 12) ; Erianthus Ravennæ ; Saccharum officinarum ; Imperata cylindrica, I. sacchariflora ; Sorghum saccharatum, S. halepense ; Tripsacum dactyloides, etc.

5° Groupes au-dessus et au-dessous de chaque faisceau, mais non à lui contigus :

Phalaris (esp. indigènes) ; Tragus racemosus (pl. 19, fig. 7) ; Lygeum Spartum (pl. 17, fig. 7) ; Chloris submutica, Chl. petræa (pl. 18, fig. 1), Chl. radiata (pl. 18, fig. 2) ; Eleusine Coracana, E. oligostachys ; Spartina versicolor, S. stricta (pl. 18, fig. 5), S. cynosuroides ; Gynerium argenteum (pl. 16, fig. 14) ; Pappophorum scabrum (pl. 19, fig. 11) ; Arundo Donax, A. Phragmites ; Psamma arenaria (couche continue à la face inférieure) ; Sporobolus arenarius (pl. 18, fig. 6) ; Stipa altaica (pl. 17, fig. 11), S. papposa ; Aristella bromoides ; Arthratherum pungens (pl. 17, fig. 10) ; Piptatherum paradoxum, P. multiflorum ; Agrostis alba, A. verticillata ; Polypogon monspeliense ; Aira cespitosa, A. latifolia (pl. 19, fig. 6), A. media (pl. 17, fig. 3) ; Holcus lanatus ; Avena sempervirens, Av. Hostii, Av. barbata, Av. sterilis ; Glyceria festucæformis (pl. 17, fig. 9), G. distans, G. aquatica (pl. 18, fig. 3), G. fluitans ; Eragrostis major, E. minor ; Melica Magnolii, M. altissima ; Æluropus littoralis (pl. 19, fig. 10) ; Diplachne serotina ; Festuca arundinacea (pl. 19, fig. 4) ; Elymus arenarius, E. giganteus ; Agropyrum (esp. indig.) ; Brachypodium (esp. indig., pl. 19, fig. 13 et 14) ; Nardus stricta (pl. 17, fig. 6), etc.

6° Groupes au-dessus et au-dessous de chaque faisceau, et à lui contigus :

Zea Mays ; Coix Lacryma ; Leersia oryzoides (pl. 19, fig. 1) ; Phleum pratense ; Calamagrostis Epigeios ; Ampelodesmos tenax ; Stipa pennata, S. juncea, S. capillata ; Arthratherum ciliatum ; Melica Bauhini, M. minuta ; Enodium cæruleum ; Festuca spadicea ; Bromus erectus, etc.

7° Groupes fibreux envahissant le mésophylle, sauf quelques cellules à chlorophylle sur les flancs des nervures :

Stipa tenacissima (pl. 17, fig. 8), etc.

Cette division n'est qu'une indication générale des combinaisons que présente le tissu fibreux ; elle n'a rien d'absolu, et les diverses dispositions se relient par tous les intermédiaires possibles. Ainsi, le n° 5 renferme plusieurs espèces où les groupes fibreux sont contigus au pôle inférieur des faisceaux. Ainsi encore les espèces où la disposition n° 6 est le plus prononcée (*Ampelodesmos tenax ; Stipa pennata*, et autres) se placeraient à peu près aussi bien avec le *Stipa tenacissima*, dont la disposition n'est que la leur exagérée. De même les *Chloris* se rapprochent du n° 2 par le peu de développement de leur tissu fibreux et par leur mode de verna tion.

Nous ferons remarquer que les espèces des trois premières combinaisons ont une vernation condupliquée, et que celles de la quatrième appartiennent toutes aux Panicées et aux Andropogonées. Nous verrons plus loin (page 350) que la plupart des espèces de ces deux tribus réunissent un ensemble de caractères histotaxiques qui leur est propre.

Sur le *Panicum plicatum*, espèce exceptionnelle à tant d'égards, le groupe placé au-dessous de chaque faisceau primaire saille en dehors et constitue une sorte de crête longitudinale portant de place en place de longues expansions piliformes. Sur l'*Andropogon provinciale* et sur le *Pappophorum scabrum* (pl. 19, fig. 11), ce tissu forme aussi de fortes saillies à la face inférieure.

Dans la série de dispositions qui précède, les deux points extrêmes sont occupés, l'un par le *Chamagrostis minima* (pl. 17, fig. 1), l'autre par le *Stipa tenacissima* (pl. 17, fig. 8). La première espèce est, de toutes les Graminées que j'ai pu observer, celle où le système vasculaire est le plus réduit; le mésophylle y est composé presque uniquement de parenchyme vert, et les faisceaux, au minimum du possible (un de chaque côté), n'y sont que rudimentaires, même le médian; aussi le tissu fibreux, qui en est une dépendance, n'y est-il pas développé. Au contraire, chez la seconde espèce, ce même tissu est prédominant; continu contre la face inférieure, envahissant la supérieure, il pénètre jusqu'aux faisceaux dans les nervures, qu'il occupe en entier, sauf quelques plaques de parenchyme vert sur les flancs de chacune d'elles.

Si la répartition du tissu fibreux est subordonnée à celle du système vasculaire, la réduction et le développement de ce tissu paraissent ensuite dépendre de circonstances qui sont à signaler. Sur les espèces aquatiques (*Glyceria fluitans*, *G. aquatica*, etc.), ce tissu est très-réduit, et nous venons de voir que, sur le

Chamagrostis minima, Graminée hivernale (1), il est à peu près nul. Il est toujours faible sur les espèces annuelles (*Aira*, *Vulpia*, *Psilurus*, *Nardurus*, etc.), tandis qu'il constitue presque à lui seul tout le mésophylle des espèces *vivaces* croissant sur les coteaux desséchés et brûlants (*Stipa tenacissima*, etc.), et que les feuilles des Graminées du Sahara sont remarquables par le développement extrême qu'il y prend (*Arthratherum pungens*, pl. 17, fig. 10, *A*, *ciliatum*, etc.). L'*Andropogon annulatum*, qui croît dans le sud de l'Algérie, mais « in glareosis, ad ripas, in » fossis æstate exsiccatis » (Cosson, *Fl. d'Alg.*, p. 48), n'a pas plus de tissu fibreux que notre *A. Gryllus*, alors que son congénère, l'*A. lanigerum*, qui vient « in collibus apricis, in Planitiebus excelsis Saharæ confinibus » (Cosson, *op. cit.*, p. 282), en a une couche continue à la face inférieure de son singulier limbe, presque réduit à la côte médiane (pl. 17, fig. 11).

Sur une même espèce, les expositions sèches et chaudes favorisent le développement de ce tissu : ainsi, les pieds de *Festuca glauca* et de *F. ovina*, qui croissent sur les points les plus secs des coteaux, ont des groupes fibreux plus forts et des fibres à parois plus épaisses que ceux des mêmes espèces croissant sur un point ombragé ou employés en bordures dans nos jardins du Midi ; et, dans un même jardin, les feuilles prises à une allée ombragée et arrosée ont, à leurs groupes fibreux, une ou deux assises de moins que celles prises à une allée très-sèche et très-exposée au soleil. Le *Stipa pennata* cultivé au jardin des plantes de Montpellier, dans un sol gras et sous de grands arbres, a des groupes fibreux presque de moitié moins gros que ceux qu'on voit aux feuilles des pieds croissant sur les coteaux arides où a été prise la plante cultivée. La disposition demeure absolument la même, et la différence ne porte que sur le nombre des fibres et sur l'épaississement de leurs parois (2).

(1) A Montpellier, cette espèce commence à fleurir dès la mi-novembre.

(2) Il suit de là que, dans la comparaison histotaxique de deux espèces, il faut attacher beaucoup plus d'importance à la disposition générale des groupes fibreux hypodermiques et des autres tissus qu'au nombre des assises qui les composent. Soit pour exemple le *Stipa capillata* : en Crau d'Arles et à Montpellier, cette plante produit des feuilles et des fleurs deux fois par an, en juin et après les pluies d'au-

De très-concluants exemples du même fait nous sont encore fournis par le *Melica minuta* (*M. minuta* L.; Gr. et G. *Fl. Fr.*, t. III, p. 553; Cosson, *Fl. d'Alg.*, p. 135, v^as^, etc.). A Saint-Chamas, près du pont Flavien, existe, dans le calcaire compacte, une fissure large de 3 à 4 mètres, courant de l'est à l'ouest, et dans laquelle cette Graminée croît en abondance, aussi bien sur le flanc qui, regardant le nord, est frais et abrité contre le soleil du midi, que sur le flanc opposé, où la sécheresse et la chaleur sont extrêmes. Or, les pieds de la première exposition ont à leurs feuilles *basilaires* un tissu fibreux moitié moins développé que celui de l'exposition opposée, où, avec des parois si épaissies que la cavité reste à peine visible, il envahit toute la face inférieure, presque même toute la supérieure, en refoulant le parenchyme vert. Des pieds recueillis à Montmajour, près d'Arles, sur des rochers aussi brûlants, m'ont offert le même développement. Mais ces feuilles *basilaires* durent depuis l'automne jusqu'en juillet suivant; et, dans toutes les expositions, fraîches ou brûlantes, les feuilles *culmaires*, qui ne durent que quelques semaines, ont des groupes fibreux très-peu développés et à parois relativement très-minces. Les mêmes différences dans le développement du système fibreux se constatent entre les feuilles basilaires et les feuilles culmaires du *Festuca Eskia* et de beaucoup d'autres espèces.

Les différentes répartitions et les divers degrés de développement des groupes fibreux sont avec le besoin de la fonction dans un rapport constant et tout d'abord évident. Les fibres, indépendamment du soutien qu'elles prêtent à tous les autres tissus

---

tomne. Or, si l'on coupe les feuilles en juin, on voit, contre la face inférieure, outre les groupes, une couche continue de deux à quatre assises de fibres; si, en octobre ou novembre, on coupe, en les prenant au même pied, les jeunes feuilles qui viennent de pousser, on n'y trouve plus qu'une assise, souvent même interrompue. D'autres espèces vivaces, qui croissent dans toute la France, ont leurs feuilles basilaires brûlées par les gelées du Nord, tandis qu'elles les conservent dans le Midi (*Poa bulbosa; Dactylis glomerata; Festuca rubra*, etc.): or, si au printemps on compare entre elles les nouvelles feuilles, on les trouve absolument identiques; mais, si on les compare avec celles qui ont passé l'hiver, on trouve que ces dernières ont des groupes fibreux beaucoup plus prononcés.

de la feuille, sont éminemment propres à y conduire l'eau de végétation ; c'est un point sur lequel on est d'accord. Qu'elles soient « le lit exclusif du courant provoqué par la transpiration », comme le veut M. J. Sachs (*Traité bot.*, trad., p. 783), ou que ce soit par les vaisseaux seuls que s'opère le courant ascensionnel et par les groupes fibreux seuls le retour aux racines, comme M. Van Tieghem dit l'avoir constaté (même trad , p. 199 et p. 783, note, et aussi *Mémoire sur la racine*, in *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XIII), peu importe à la question présente, puisque vaisseaux et groupes fibreux sont toujours en rigoureuse corrélation de répartition et de développement. Or, les limbes des Graminées vivaces propres aux expositions arides et brûlantes (*Stipa tenacissima*, *Festuca glauca*, etc.), et végétant dans les conditions de chaleur et de sécheresse où la transpiration est le plus active, sont ceux qui, privés de canaux à air, ont le plus grand nombre de faisceaux vasculaires et de groupes fibreux ; ce dernier tissu forme même à la face inférieure du limbe un revêtement continu de plusieurs assises, et, avec son épiderme à petites cellules fortement cuticularisées, il constitue une véritable cuirasse contre l'évaporation. D'autre part, les limbes des Graminées aquatiques, qui n'ont pas à craindre des excès d'évaporation, sont ceux où se multiplient les canaux aérifères et où vaisseaux et groupes fibreux sont le plus réduits. La même corrélation se constate dans les racines. Celles des Graminées aquatiques ont, dans leur zone corticale, de grands canaux aérifères, mais les appareils d'absorption et de conduite y sont réduits au minimum, à un seul vaisseau central, sans fibres, ou avec fibres rudimentaires, et le parenchyme y conserve toujours des parois minces ; celles des espèces propres aux lieux secs et arides doivent pouvoir, par une absorption plus active, compenser les pertes que le végétal éprouve : aussi elles n'ont plus de canaux à air, mais elles sont abondamment pourvues de vaisseaux, de fibres et de tissu prosenchymateux à parois épaissies et lignifiées (1).

---

(1) J'ai constaté la même corrélation entre les stations sèches et le développement des fibres dans les feuilles et dans les rhizomes des *Cyperus* (*Etude histol. des* Cyperus *de France*, p. 383 et 385).

Malgré la puissance de tous les appareils d'absorption, de conduite et de protection des liquides dans toutes les parties des Graminées des stations arides et brûlantes, malgré l'augmentation que la chaleur détermine toujours dans l'absorption de l'eau par les racines, des racines enfoncées entre des rochers ou dans un sol desséché ne peuvent fournir aux feuilles qu'une faible quantité d'eau que des limbes à grandes surfaces, à nombreux stomates, laisseraient bientôt évaporer. Mais les limbes de ces espèces, déjà protégés par un revêtement fibreux, sont toujours filiformes, et, étroitement pliés en deux sur leur face supérieure, ils n'ont qu'une ou deux lignes de stomates vers le bas de leurs profonds sillons, et sont ainsi réduits au minimum des conditions d'évaporation. Aussi ces sortes de limbes sont très-persistants, durent quelquefois deux ou trois ans, ne se dessèchent qu'à la longue, et encore sans se faner et se flétrir, comme font ceux des espèces des bois, des prés et de nos cultures, qui, laminaires, minces et peu fibreux, offrent de grandes surfaces à l'évaporation et durent à peine une saison.

Il nous faut maintenant revenir à certains faits mentionnés p. 316 et p. 324, note 3, et qui nous paraissent dépendre du mode de distribution du tissu fibreux. L'*Avena bromoides*, ainsi que l'*A. sulcata* J. Gay, présente constamment quelques-unes de ses feuilles basilaires ayant subi une torsion, non plus d'un demi-tour vers la base du limbe, comme celle des feuilles privées de stomates à la face inférieure, mais une torsion de plusieurs tours en spirale sur toute son étendue, et particulièrement sur sa moitié terminale. L'examen de ces limbes permet de constater, d'une part, qu'ils possèdent des stomates à leurs deux faces; d'autre part, que, tant qu'ils sont en état de développement et de fraîcheur, ils demeurent parfaitement plans et droits; que la torsion en spirale ne se montre que sur des limbes déjà secs ou en voie de le devenir, et qu'elle commence par l'extrémité terminale, la première à se dessécher. L'étude histotaxique fait ensuite reconnaître à quoi tient cette particularité. En effet, d'une part, les limbes de ces espèces (pl. 17, fig. 2) ont une bande bulliforme de chaque côté de la nervure médiane, ce qui fait qu'en commençant à se faner, ils se plient en deux sur toute leur longueur. D'autre part, les marges et la carène sont occupées par des groupes de tissu fibreux relativement considérables *c*, *c*, visibles même à l'œil nu sous la forme de cordons blancs (voy. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. X, p. 53, pl. I, fig. C^1), de façon que le limbe, ainsi plié, représente une lame occupée en son milieu par du parenchyme *a*, et bordée par des groupes fibreux *c*, *c*. Or, comme le tissu fibreux, très-résistant, se prête peu à une contraction, tandis que le parenchyme est très-contractile, il en résulte que, au moment où ce dernier se contracte et se raccourcit entre les groupes fibreux, ceux-ci, conservant leur dimension première, sont obligés, pour rester compris entre les deux points extrêmes, d'imprimer à la lame totale un mouvement de torsion en spirale.

Il faut rapporter à la même cause la torsion spiralée que subissent, en se desséchant, certaines subules de Graminées (*Bromus arvensis*, etc.), ainsi que l'enroulement circiné des gaînes de *Gynerium argenteum*. Ces gaînes (pl. 16, fig. 14), creusées de grands canaux à air *e*, n'ont point de tissu fibreux à la face interne, mais elles en ont des groupes très-considérables à la face externe *c*, *c*. Quand une gaîne commence à se faner, le parenchyme vert de la face externe, avec les bandes d'épiderme superposées, est le premier à se contracter, mais dans le sens de la largeur seulement, attendu la résistance des groupes fibreux. La gaîne se fend donc en avant, se résout en une lame plane, et le limbe s'en détache à la région pétiolaire. Alors les tissus de la face interne, exposés à l'air, se contractent à leur tour, et la résistance des groupes fibreux de l'autre face détermine sur la face interne cet enroulement en crosse qui, s'opérant et disparaissant avec les variations hygrométriques, donne un aspect si singulier aux vieilles touffes de *Gynerium*.

M. J. Sachs, traitant des torsions, dit « qu'elles résultent d'une » plus longue durée de l'allongement dans les couches périphé- » riques de l'organe » (*Traité bot.*, trad., p. 1010). Cela est parfaitement exact pour certaines feuilles (*Pancratium maritimum*, etc.), pour quelques arêtes de Graminées (*Aira canescens; Stipa pennata, S. capillata*, etc.), et même pour certains limbes de Graminées (*Hordeum vulgare; Secale cereale*, etc.), qui, ayant des stomates à leurs deux faces, subissent une torsion *sur toute leur longueur* pendant leur période d'accroissement. Mais ce principe n'est plus applicable aux cas qui nous occupent, et dans lesquels la torsion résulte *du raccourcissement par contraction des tissus de la région médiane*, dans un cas, ou *de l'une des faces*, dans l'autre cas, *pendant que l'autre face ou la région marginale conservent leurs dimensions primitives.*

4° PARENCHYME.

Le parenchyme remplit tout l'espace du mésophylle non occupé par les faisceaux vasculaires et les groupes fibreux hypodermiques. Il s'y présente sous trois formes ou modifications très-distinctes :

a. En cellules à chlorophylle, *dans toutes les feuilles sans exception.*

b. En cellules simples à contenu incolore, *dans certaines espèces seulement.*

c. En cellules étoilées et en cellules rameuses, *dans les canaux aérifères des espèces plus ou moins aquatiques.*

Ces formes sont si constantes, si déterminées et si rigoureusement localisées sur chaque espèce arrivée à son complet développement, que, sans les transitions qu'offre leur évolution, on serait porté à les considérer comme des systèmes particuliers de tissus.

a. Parenchyme à chlorophylle.

Ce parenchyme, qu'on pourrait appeler essentiel, attendu qu'il ne manque dans aucune feuille de Graminée, se présente sous deux états différents, auxquels correspondent deux dispositions générales également différentes :

1° Ou bien toutes ses cellules, semblablement remplies de chlorophylle en grains, sont groupées entre les faisceaux par assises plus ou moins parallèles aux surfaces épidermiques (pl. 17, fig. 1 à 11 ; pl. 18, fig. 3 à 5 ; pl. 19, fig. 1, 4, 6, 13 et 14).

2° Ou bien ses cellules sont de deux sortes : les unes ayant un contenu vert foncé, non en grains, mais plutôt en gelée verte, se contractant en gros flocons, souvent accompagnée de grands cristaux isolées et à faces bien développées (*Panicum capillare*, *P. Crus-galli*); les autres renfermant quelques grains de chlorophylle, petits et d'un vert pâle, rarement aussi quelques cristaux (*Panicum sanguinale*). Ces deux sortes de cellules sont constamment disposées en assises cylindriques autour des faisceaux, les premières contiguës à l'assise-limite et les autres autour des premières (1); et leur grand axe est toujours rayonnant (pl. 17, fig. 12 et 13; pl. 18, fig. 1, 2, 6 à 12; pl. 19, fig. 5, 7, 10 à 12).

Cette forme du parenchyme vert m'a paru très-digne d'attention : d'un côté, parce que je n'ai jamais vu mention d'un tel état de la chlorophylle dans les végétaux vasculaires; de l'autre, parce que d'ordinaire les cellules ne contiennent pas en même temps des cristaux et de la chlorophylle (Duchartre, *Élém. de bot.*, p. 83; Sachs, *Traité de bot.*, trad., p. 91). Je me permets donc de recommander l'examen du contenu de ces cellules aux botanistes à qui leur genre d'études et leurs moyens d'investigation le permettront plus qu'à moi.

La disposition en cylindres concentriques est exclusivement propre à cet état particulier du parenchyme vert, et je n'ai jamais vu l'un sans l'autre. On les trouve sur les espèces suivantes, et certainement sur beaucoup d'autres, dont je n'ai pas eu occasion de faire des sections :

Tragus racemosus (pl. 19, fig. 7) ; Crypsis aculeata ; Cenchrus tribuloides ; Panicum plicatum (pl. 17, fig. 12 et 13), P. capillare, P. miliaceum, P. Crus-galli, P. dilatatum, P. vaginatum, P. sanguinale, etc.;

---

(1) Il est à remarquer que la chlorophylle des cellules du cylindre interne s'agglomère par la dessiccation contre les parois, et qu'elle tombe le plus souvent quand les sections opérées sont très-minces. Ce cylindre paraît alors le moins coloré ; j'ai représenté cette apparence sur l'*Andropogon lanigerum*, pl. 18, fig. 11, et sur le *Ctenium americanum*, pl. 19, fig. 5.

Setaria glauca, S. verticillata; Gymnothrix latifolia; Pennisetum longistylum, P. asperifolium (pl. 18, fig. 7), P. cenchroides; Cynodon Dactylon; Pappophorum scabrum (pl. 19, fig. 11); Chloris submutica, Chl. petræa (pl. 18, fig. 1), Chl. radiata (pl. 18, fig. 2); Eleusine indica, E. Coracana; Andropogon Ischæmum, A. annulatum, A. Gayanum (pl. 18, fig. 10), A. connatum (pl. 18, fig. 9) A. dorsisetum (pl. 18, fig. 8), A. foveolatum (pl. 18, fig. 12), A. prionodes (pl. 19, fig. 12), A. lanigerum (pl. 18, fig. 11), A. argenteum, A. Gryllus, A. squarrosum, A. Allionii, etc.; Tripsacum dactyloides; Erianthus Ravennæ; Imperata cylindrica, I. sacchariflora; Sorghum halepense, etc.; Sporobolus arenarius (pl. 18, fig. 6); Eragrostis major, E. minor (1); Æluropus littoralis (pl. 19, fig. 10); Diplachne serotina; Danthonia Forskälii (2), etc.

Si l'on examine la liste des espèces qui m'ont présenté cette disposition et cet état du parenchyme vert, on voit qu'elle renferme les Panicées, les Chloridées, les Andropogonées, puis quelques espèces isolées appartenant à d'autres tribus. Mais il est digne de remarque que chacune de ces dernières espèces fait partie de cette catégorie de Graminées nomades qui, au lieu de s'imposer par des caractères évidents comme appartenant à un genre nettement déterminé, ont été ballottées d'un genre à un autre, et finalement érigées en genres discutés et peut-être discutables. Ainsi le genre *Crypsis*, placé par les uns dans la tribu des Phalaridées (Kunth, Parlatore, Godron, etc.), l'a été par d'autres dans les Alopécurées (Cosson), dans les Agrostidées (Steudel, *Syn. Glum.*, I, p. 151), etc., et ses espèces ont erré des *Schœnus* L., *Sp. pl.*, p. 63, aux *Anthoxanthum* L. fil., *Suppl.*, p. 89; aux *Phalaris* Sibth. et Sm., *Fl. græc. prodr.*, I, p. 38; aux *Phleum*, Jacq., *Fl. austr.*, V, p. 29; aux *Agrostis* Scop., *Fl. carn.*, I, p. 62, et All., *Fl. ped.*, II, p. 237; aux *Vilfa* Presl., *Fl. sic.*, XLIV; aux *Antitragus* Gærtn., II, p. 7; aux *Heleochloa* Host, *Gram. austr.*, I, p. 77. De même, le *Sporobolus arenarius* a été successivement : *Agrostis arenaria* Gouan, *Illustr.*, p. 3; *Phalaris disticha* Forskäl, *Descr.*, p. 17; *Vilfa*

---

(1) Sur les *Eragrostis* le cylindre vert est incomplet et interrompu au-dessous des faisceaux par deux cellules incolores.

(2) Cette disposition ne se montre pas sur nos deux *Danthonia* indigènes.

pungens Pal. B., *Agrost.*, p. 16; *Podosemum pungens* Link, *Hort. ber.*, I, p. 85, etc., et ce qui peut encore être remarqué, la même plante a deux feuilles à chaque nœud, comme le *Cynodon* et les *Chloris* (1) ! Ce dernier caractère se trouve aussi chez l'*Æluropus littoralis*, qui, avant d'être arrêté dans ce genre, a passé des *Poa* (*P. littoralis* Gouan, *Fl. monsp.*, p. 470) aux *Agrostis* (*A. pungens* Pall., *Ind. Taur.*); aux *Milium* (*M. maritimum* Georg., *Beschr. d. Russ.*, III, p. 685); aux *Dactylis* (*D. repens* Desf., *Fl. alt.*, p. 79); aux *Festuca* (*F. littoralis* Smith, *Fl. gr. Prodr.*, I, p. 61); aux *Calotheca* (*C. littoralis* Spreng., *Syst.*, I, p. 347); aux *Chamædactylis* (*Ch. maritima* Nees ab Es., *Gen. fl. germ.*, I, tab. 66), etc. Nos *Eragrostis* ont été aussi attribués aux *Briza* et aux *Poa*. Le *Diplachne serotina* n'est arrivé à l'honneur de son genre monotype qu'après avoir été promené dans les *Festuca* (*F. serotina* L., *Sp. pl.*, p. 111); les *Agrostis* (*A. serotina* L., *Mant.*, p. 30); les *Molinia* (*M. serotina* Mert. et Koch, *Deutschl. Fl.*, I, p. 385); les *Melica* (*M. nodosa* Pill. et Mitt., *It. Pos.*, p. 143); les *Bromus* (*B. strictus* Scop., *Fl. carn.*, II, n° 114); les *Schedonorus* (*S. serotinus* Rœm. et Sch., *Syst.*, II, p. 702), etc. Et enfin le *Danthonia Forskälii* a couru dans les *Deschampsia* (*D. arundinacea* Spreng., *Nov. Prov.*, p. 16); dans les *Avena* (*A. arundinacea* Delile, *Ægypt.*, 27, tab. 12, fig. 1); les *Trisetum* (*T. Forskälii* Pal. Beauv., *Agrost.*, p. 88), etc. Notons encore que les *Eragrostis* indigènes, les *Diplachne* et le *Danthonia Forskälii* n'ont pas seulement des panicules terminales, comme les *Poa* et les *Festuca*, mais aussi des panicules à presque tous leurs nœuds, comme la plupart des Panicées, des Andropogonées et des Chloridées. Ainsi ces diverses espèces s'éloignent par leurs caractères histotaxiques, comme par ceux des organes de reproduction, des genres auxquels de vagues ressemblances les avaient fait d'abord réunir. Enfin on peut aussi remarquer que, parmi les Graminées précitées, il n'y a pas une seule espèce vernale ; elles fleurissent en été, plusieurs même en automne.

---

(1) Voyez *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XVI, p. 107 et suiv. De plus, il est à noter que, au caractère histotaxique précité commun aux *Crypsis* et aux *Sporobolus*, s'en joint un autre tout aussi exceptionnel fourni par les organes de reproduction, celui d'avoir pour fruit un achane et non un caryopse (voy. J. Duval-Jouve, *Étude sur le genre* Crypsis *et sur ses espèces françaises*, in *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XIII, p. 323 et 324 ; quelques autres points de ressemblance entre les *Crypsis* et les *Sporobolus* y sont encore signalés).

Dans les limbes où le parenchyme à chlorophylle offre la première disposition mentionnée plus haut (page 348), il présente les différences de détail suivantes :

1° Il est répandu entre les faisceaux en masses continues et uniformes :

Zea ; Coix (1) ; Chamagrostis minima (pl. 17, fig. 1) ; Oryza ; Leersia oryzoides (pl. 19, fig. 1) ; Phalaris canariensis, P. nodosa, P. cærulescens, P. arundinacea ; Agrostis alba, A. verticillata ; Polypogon monspeliense, P. maritimum, P. littorale ; Piptatherum paradoxum, P. multiflorum ; Aira cespitosa, A. latifolia (pl. 19, fig. 6), A. media (pl. 17, fig. 3) ; Holcus lanatus ; Kœleria cristata ; Trisetum flavescens ; Avena bromoides (pl. 17, fig. 2), A. sterilis et autres ; Poa annua (pl. 18, fig. 4), P. bulbosa et autres ; Briza ; Melica ; Dactylis glomerata (feuilles supérieures) ; Enodium cæruleum ; Cynosurus ; Festuca glauca (pl. 17, fig. 5) et autres ; Bromus ; Elymus ; Agropyrum ; Brachypodium ; Lolium ; Nardus stricta (pl. 17, fig. 6), etc., etc.

2° Sur les espèces à grosses nervures, ces masses, interrompues par le développement du tissu fibreux et par la profondeur des sillons, restent en grandes bandes sur les flancs des nervures :

Lygeum Spartum (pl. 17, fig. 7) ; Spartina versicolor, S. stricta (pl. 18, fig. 5), S. cynosuroides ; Arundo Donax, A. Phragmites ; Ampelodesmos ; Psamma ; Stipa pennata, S. capillata, S. juncea, S. altaica (pl. 17, fig. 11), S. tenacissima (pl. 17, fig. 8), S. papposa, etc. ; Aristella bromoides ; Arthratherum pungens (pl. 17, fig. 10), A. ciliatum ; Avena sempervirens, A. Hostii ; Glyceria festucæformis (pl. 17, fig. 9), G. distans, etc.

3° Les masses situées entre les faisceaux ont du tissu incolore à leur centre, là où les espèces aquatiques du groupe suivant ont des canaux aérifères :

---

(1) Le *Zea Mays* et le *Coix Lacryma* offrent quelques traces de disposition cylindrique autour des faisceaux, et l'on peut remarquer que ces genres ont été placés par M. Ad. Brongniart dans la tribu des Panicées (*Énum. genr.*, 2e édit., p. 56).

Sesleria cærulea, S. argentea; Gynerium argenteum; Dactylis glomerata (feuilles inférieures), etc.

4° Toute la partie centrale des masses est occupée par un canal aérifère entouré plus ou moins complétement de parenchyme vert :

Glyceria aquatica (pl. 18, fig. 3), G. fluitans, G. nervata, etc.

Dans ce dernier groupe, toutes les cellules à chlorophylle ont la forme et la disposition dites *en palissade;* tandis que dans les autres groupes elles n'ont cette forme et cette disposition que contre les épidermes; au milieu de l'épaisseur du limbe, elles ont les rameaux irréguliers et les grands méats du parenchyme dit *lacuneux* ou *spongieux*.

Les différences sur lesquelles ont été établis ces groupes ne sont, comme on le voit tout d'abord, que des modifications d'une même disposition générale, laquelle se présente chez des tribus où n'existe pas la disposition cylindrique. Il est vraiment digne de remarque que la disposition du parenchyme à chlorophylle, cette substance essentielle, soit dans un tel accord avec les grandes divisions basées sur les caractères des organes de reproduction. On trouve aussi ce double agencement dans les feuilles du genre *Cyperus* (cf. *Étude histotaxique des* Cyperus *de France*, p. 367 et suiv., et pl. XXI et XXII), et là aussi elle correspond à des différences dans les organes de reproduction.

Le parenchyme à chlorophylle arrive à son maximum de développement dans les espèces propres aux lieux frais et ombragés, comme les bois et les prairies.

b. Parenchyme simple incolore.

Ce parenchyme consistant en cellules simples, ovoïdes, a parois toujours minces, tout l'examen qu'on peut en faire se réduit à constater les combinaisons qui résultent de sa distribution et de sa position par rapport aux faisceaux et au parenchyme vert.

Nous avons d'abord à exclure un bon nombre d'espèces où le parenchyme vert, soit seul (*Chamagrostis minima*, pl. 17, fig. 1), soit avec le tissu fibreux (*Stipa tenacissima*, pl. 17, fig. 8), occupe tout l'espace entre les faisceaux, et où le parenchyme incolore ne se montre pas.

Sur les espèces où ce parenchyme se montre, on trouve les dispositions suivantes :

1° Quelques cellules incolores se placent sur les flancs des faisceaux :

Coix ; Arthratherum ciliatum ; Melica Bauhini, etc.

Ou au-dessus d'eux :

Eragrostis major, E. minor, etc.

Ou en dessous :

Diplachne serotina, etc.

2° Le parenchyme incolore forme autour des faisceaux une assise plus ou moins complète et contiguë à l'assise-limite :

Tragus racemosus (pl. 19, fig. 7) ; Phleum pratense ; Spartina cynosuroides ; Ampelodesmos tenax ; Agrostis alba, A. verticillata ; Polypogon monspeliense ; Piptatherum paradoxum ; Aira latifolia (pl. 19, fig. 6) ; Avena bromoides (pl. 2, fig. 2) ; Gaudinia fragilis ; Kœleria cristata ; Poa annua (pl. 18, fig. 4) ; Melica Magnolii, M. altissima ; Enodium cæruleum ; Festuca ovina, F. glauca (pl. 17, fig. 5) ; Bromus ; Nardus stricta (pl. 17, fig. 6), etc.

3° Il forme une assise en dehors de l'assise-limite des faisceaux, et s'étend en dessus et en dessous jusqu'aux groupes fibreux :

Lygeum Spartum (pl. 17, fig. 7) ; Oryza ; Leersia oryzoides (pl. 19, fig. 1) ; Sesleria ; Eleusine Coracana ; Gynerium argenteum ; Arundo Donax, A. Phragmites (avec une disposition un peu exceptionnelle) ; Stipa papposa ; Aristella bromoides ; Holcus lanatus ; Avena sempervirens, A. Hostii ; Glyceria festucæformis (pl. 17, fig. 9) ; G. distans ; Festuca spadicea, F. arundinacea (pl. 19, fig. 4), F. cærulescens ; Elymus arenarius, E. giganteus ; Agropyrum ; Brachypodium (pl. 19, fig. 13 et 14), etc.

On voit cette disposition portée à l'extrême dans quelques limbes qui ont des nervures excessivement saillantes :

Spartina stricta (pl. 18, fig. 5); Arthratherum pungens (pl. 17, fig. 10); Psamma, etc.

4° Une masse plus ou moins forte règne à la côte médiane au-dessus des faisceaux :

Zea Mays; Phalaris canariensis, Ph. paradoxa, etc.; Cenchrus tribuloides; Panicum plicatum (pl. 17, fig. 11), P. Crus-galli, etc ; Setaria glauca, etc.; Gymnothrix latifolia; Andropogon connatum (pl. 18, fig. 9), A. Gayanum (pl. 18, fig. 10), A. lanigerum (pl. 18, fig. 11), A. foveolatum (pl. 18, fig. 12), etc.; Erianthus Ravennæ; Imperata; Saccharum; Sorghum; Avena barbata, A. sterilis; Cynosurus echinatus, etc.

5° De la côte médiane le parenchyme incolore s'étend à toute la surface supérieure du limbe :

Chloris submutica, C. petræa (pl. 18, fig. 1), C. radiata (pl. 18, fig. 2); Andropogon Ischæmum, A. argenteum, A. verticillatum, A. prionodes (pl. 19, fig. 12), etc.

6° Outre celle de la côte médiane, une bande incolore, alternant avec les faisceaux, s'étend verticalement d'un épiderme à l'autre :

Panicum capillare, P. miliaceum; Pennisetum longistylum; Cynodon Dactylon; Eleusine Coracana, etc.; Sporobolus arenarius (pl. 18, fig. 6); Æluropus littoralis (pl. 19, fig. 10) (ces deux derniers sans côte médiane saillante).

7° Le parenchyme incolore forme dans la côte médiane les murs de séparation des canaux aérifères :

Oryza; Leersia; Panicum Crus-galli, etc.

8° Sur les côtés du limbe, il occupe entre les faisceaux les points où s'étendent, dans le groupe suivant, les canaux aérifères à parenchyme étoilé :

Sesleria cærulea, S. argentea; Gynerium argenteum; Sorghum saccharatum, etc.

9° Sur les côtés du limbe, il se montre dans les murs de séparation entre les canaux aérifères :

Andropogon squarrosum; Glyceria aquatica (pl. 18, fig. 3), G. nervata, etc.

Les titres de ces groupes ne sont que des indications et non des définitions rigoureuses de sections à caractères exclusifs; de sorte que la présence d'une espèce dans un groupe n'exclut pas la possibilité de sa présence dans un autre. Ainsi les *Sesleria* font partie des groupes 3 et 8; l'*Eleusine Coracana*, des groupes 3 et 6, etc., par la raison que sur ces plantes se trouvent réunies des dispositions qui se montrent isolées sur d'autres. Faisons remarquer à ce sujet que la disposition du parenchyme vert en cylindres autour des faisceaux est absolument exclusive de toute apparition du parenchyme incolore autour des mêmes faisceaux, bien que cette dernière disposition soit la plus fréquente dans la famille des Graminées.

La présence des cellules bulliformes amène assez fréquemment celle de grandes cellules incolores, soit seulement au-dessous d'elles (*Arundo Donax; Andropogon provinciale; Ctenium americanum*, pl. 19, fig. 5; *Æluropus littoralis*, pl. 19, fig. 10; *Sporobolus arenarius*, pl. 18, fig. 6); soit au-dessous et à côté d'elles (*Chloris submutica; Chl. radiata*, pl. 18, fig. 6). Elles semblent en être une dépendance et un complément, comme si les cellules bulliformes, réduites à elles seules, n'eussent pas suffi à leur fonction, et que l'adjonction d'autres cellules élastiques plus profondément situées eût été nécessaire pour permettre, soit la convolution extrême, soit l'expansion complète des feuilles qui présentent cette disposition.

Nous signalerons de nouveau (voy. p. 352 et 353) à l'attention la disposition toute particulière que ce parenchyme affecte chez les *Sesleria*, le *Gynerium* et autres. Indépendamment des plans d'intersection qu'il forme dans le parenchyme vert, en s'étendant verticalement au-dessus et au-dessous des faisceaux jusqu'aux deux épidermes (groupe 3), ce tissu se présente au centre des masses du même parenchyme vert, aux points où, dans les espèces franchement aquatiques, se montrent les canaux aérifères à tissu étoilé, et là ses cellules sont si délicates, que souvent elles se disloquent, et laissent de véritables lacunes longitudinales. Par là il constitue un intermédiaire entre les limbes tout remplis de parenchyme à chlorophylle, et ceux où se montre le parenchyme étoilé], dont il nous reste à nous occuper.

Nous avons dit plus haut que le tissu fibreux se montre à son maximum de développement dans les Graminées propres aux expositions sèches et chaudes (p. 343), et le parenchyme vert dans celles des lieux frais et ombragés (p. 353). Or, c'est seulement dans les espèces propres aux sables du littoral maritime et des lacs salés que s'observe le développement extrême du parenchyme incolore. Il y soulève en nervures larges et hautes la face supérieure du limbe des *Spartina* (pl. 18, fig. 5), des *Arthratherum* (pl. 17, fig. 10), des *Psamma* et même du *Triticum junceum* (voy. *Agrop. de l'Hérault*, pl. XVI, fig. 6, 7 ; pl. XIX, fig. 13 et 14), et il donne ainsi un caractère histotaxique commun à des feuilles de tribus très-éloignées (1). Sur une même espèce, on peut constater l'influence de la station littorale : ainsi le *Festuca arundinacea* de nos prés a ses feuilles plates et minces; celui de la plage les a plus épaisses avec une apparence de feuilles grasses. Les sections font voir que la disposition générale des tissus est identique, mais que le parenchyme incolore est développé presque au double sur les pieds des sables salins.

c. Parenchyme étoilé.

Les Graminées franchement aquatiques sont en très-petit nombre, et en France nous n'en possédons pas une dizaine sur un total de près de 400 espèces. Il y a donc peu de variété dans les sujets où l'on peut étudier la modification du parenchyme particulière aux feuilles de ces Graminées.

Voici en quoi elle consiste : Entre les faisceaux, dans le parenchyme vert (*Glyceria fluitans*, etc.), ou dans du parenchyme incolore (*Andropogon squarrosum*, etc.), courent, sur la longueur du limbe, et particulièrement à ses deux tiers inférieurs, de grands canaux remplis d'air. Dans le très-jeune âge des feuilles encore en état de vernation, ces canaux sont occupés par des cellules étoilées, sans chlorophylle, à parois excessivement minces, cellules qui, primitivement ovoïdes ou sphériques, au lieu de se développer en tous sens, se sont étirées à leurs points de contact (voy. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XVI, p. 404 et suiv., pl. III, fig. 1, 2, 7). Lorsque le limbe achève son développement, leurs parois délicates ne peuvent suivre l'accroissement des autres tissus ; elles se déchirent et se disloquent, et leurs restes pendent en lambeaux arachnoïdes aux murs des canaux. Mais cette disparition n'a pas lieu sur toute l'étendue d'un canal ; de place en place subsistent des diaphragmes de une à trois assises d'un tissu plus serré, à cellules rameuses beaucoup plus petites, à branches plus courtes, à parois plus résistantes et contenant quelquefois des grains de chlorophylle. Sur certaines espèces, ces cellules sont groupées par quatre, et dans un même groupe, parallèles entre elles, mais non avec celles du groupe voisin ; sur d'autres, elles ont des rameaux rayonnants bi-trifurqués (pl. 19, fig. 2 et 3), et elles présentent ainsi un certain nombre de formes variées, constantes pour chaque espèce, et dont la description comparative serait ici hors de propos. C'est à travers ces diaphragmes que passent les petits faisceaux transversaux mentionnés pages 306 et 336.

---

(1) La ressemblance des caractères extérieurs des Graminées maritimes n'avait pas échappé à Linné (voy. ci-dessus, page 296), mais il n'était pas allé plus avant.

Ce tissu paraît n'être qu'une modification du parenchyme incolore, car on trouve tous les passages entre les formes extrêmes des cellules ovoïdes simples et des cellules à longs rayons. Chez plusieurs Graminées (*Sorghum halepense*, *S. saccharatum*, etc.), les feuilles encore en état de vernation offrent, vers leur base et aux points où se montrent, chez d'autres, les canaux à tissu étoilé, un tissu très-lâche à grands méats chargés d'air ; un pas de plus, et les points de contact, en s'étirant, aboutiraient à du tissu étoilé ; mais ici c'est le contraire qui arrive. A mesure que la feuille s'accroît à l'air libre, les cellules de ces points se développent et s'épaississent sur toute l'étendue de leurs parois et ressemblent alors au reste du parenchyme. Le second degré se montre chez le *Sesleria* (pl. 16, fig. 16, *i*), où nous avons vu (p. 356) que le tissu incolore des mêmes points demeure très-délicat, et que sa dislocation finit même par constituer de véritables lacunes longitudinales occupant la même place que les canaux à air, et n'en différant qu'en ce que les cellules qui les occupaient d'abord ne se sont pas, à leurs points de contact, étirées en rayons. On voit, avec la même disposition, le même tissu de transition sur les gaînes d'un grand nombre de Graminées (*Panicum capillare*, etc.) et sur les limbes du *Gynerium argenteum*. Sur le *Dactylis glomerata*, la suite des transitions est complète ; un même pied présente, à ses gaînes et à ses feuilles inférieures, des canaux aérifères avec cellules étoilées très-caractérisées ; aux feuilles plus élevées on n'en voit plus qu'aux gaînes et vers la base du limbe ; en gagnant la pointe, le tissu passe par degrés, non-seulement au parenchyme simple incolore, mais au parenchyme à chlorophylle.

Plusieurs Graminées qui, sans être proprement aquatiques, croissent dans les terrains très-humides, ont des canaux et des diaphragmes à leurs gaînes immergées, et n'en ont plus à leurs feuilles (*Spartina versicolor; Gynerium argenteum* (pl. 16, fig. 14), ou bien ne les conservent qu'aux feuilles inférieures et les perdent aux supérieures, ou n'en ont que vers la base des limbes de celles-ci (*Panicum Crus-galli*, etc.). L'*Oryza sativa* et le *Leersia oryzoides*, dont les gaînes ont des canaux, n'en conservent que dans la côte médiane de leurs limbes et vers la base seulement. Le *Dactylis glomerata*, originaire des lieux humides, mais capable de vivre dans des localités plus sèches, conserve, dans les canaux des ses feuilles radicales, les traces de sa primitive organisation.

La présence de canaux à air entraîne parfois des modifications qu'il convient d'indiquer. Sur les feuilles très-fraîches du *Glyceria aquatica*, on voit, à chaque face, les tissus se soulever légèrement en dehors vis-à-vis des canaux et comme pour en favoriser l'extension ; mais, sur le *Glyceria fluitans*, cette disposition devient extrême et très-particulière. La face supérieure se soulève tellement au-dessus des canaux, qu'elle devient toute plissée et rayée de sillons anguleux très-profonds. Mais alors ces sillons sont au-dessus des faisceaux, et les lignes saillantes, devenues intermédiaires aux faisceaux, occupent la place ordinaire des sillons, ce qui est le contraire de ce que nous avons vu jusqu'ici. Les feuilles inférieures de cette espèce flottent à la surface de l'eau, mais les culmaires supérieures sont le plus souvent hors de tout contact du liquide. Or, ces dernières sont fortement carénées au-dessous de la ligne médiane, et n'ont au-dessus qu'une faible saillie, tandis que sur les feuilles fluitantes la carène disparaît, le limbe est plat en dessous, mais en dessus la saillie médiane s'élève très-fort et jusqu'à former une petite lame, et en même temps les plis de la face supérieure se prononcent tellement, que chaque dépression descend presque jusqu'au faisceau. Il en résulte que cette face ne peut rester en contact avec l'eau, et si l'on détache un limbe et qu'on le place la face supérieure sur l'eau, il se retourne brusquement et se met dans sa position normale, tandis que les limbes des autres espèces restent sur l'eau dans la position où on les y met.

Les différences que nous venons de signaler entre les feuilles d'une même plante, ou entre les régions d'un même limbe, sont des exemples très-frappants des modifications qu'un même organe, sur un même individu, peut recevoir de ses rapports avec les milieux. Mais jusqu'où iraient ces différences, si nous comparions anatomiquement :

Les feuilles aériennes du chaume aux feuilles-écailles souterraines du rhizome;

Les feuilles-écailles demeurées souterraines à celles qui ont achevé leur développement à l'air libre et à la lumière ;

Les feuilles aériennes d'un stolon à celles qui se réduisent à l'état de feuille-écaille sur un stolon enterré et se transformant en rhizome?

IV

CONCLUSIONS.

Linné avait dit et Palisot de Beauvois a répété que les feuilles des Graminées ont toutes une même structure. Tout ce qui précède montre au contraire qu'il existe une diversité extrême dans les détails de leur structure, et qu'il est impossible de trouver une expression générale de l'agencement de leurs tissus.

Cette diversité se montre non-seulement dans les feuilles, mais dans tous les organes des Graminées, ce qui fait que, de toutes les familles, la leur est peut-être la plus réfractaire à toute énonciation d'un caractère commun. On leur avait attribué :

Une gaîne fendue : elle est entière au moins sur un cinquième des espèces (1).

Une seule feuille à chaque nœud : les *Cynodon*, les *Sporobolus*, les *Æluropus*, les *Chloris*, en ont deux, trois, et quelquefois quatre.

Des faisceaux isolés : ils sont tous, dans toutes les espèces, reliés par des faisceaux transversaux.

Des stomates à la face inférieure (2) : beaucoup en ont sur les deux faces, beaucoup à la supérieure seulement.

Une racine avec assise rhizogène interrompue par des vaisseaux (3) : cette assise est continue sur les neuf dixièmes des espèces.

Un rhizome avec assise-limite continue : elle est interrompue sur le *Sorghum halepense*, le *Cynodon Dactylon*, etc., et nulle dans le *Glyceria aquatica*, etc.

Un caryopse : les *Crypsis*, les *Sporobolus*, etc., ont un achaine (4).

A la diversité extrême des organes de végétation, non-seulement dans l'ensemble de la famille, mais entre des espèces congénères, s'oppose la constance de la forme générale des organes de reproduction. Dans ces derniers, rien ou presque rien ne vient troubler la conservation et ensuite la transmission de la forme reçue par hérédité. Leur évolution, de *très-courte durée*, se fait sous des enveloppes protectrices, toujours dans un même milieu, dans une seule et même saison, c'est-à-dire à peu près toujours dans les mêmes conditions atmosphériques ; dès lors l'influence ancestrale peut se perpétuer intacte, ou du moins demeurer représentée en ce qu'elle a d'essentiel.

---

(1) Voyez *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. VI, p. 199 et suiv.

(2) Babel (*op. cit.*, p. 25), et presque tous les traités.

(3) Van Tieghem, *Ann. sc. nat.*, 5e série, BOTAN., t. XIII, p. 140-145, et aussi Sachs, *Traité bot.*, trad., p. 720 (note).

(4) Voyez *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XIII, p. 324.

Les organes de végétation ont une évolution et une fonction plus longues, et sont directement soumis à toute l'action et à toutes les influences des milieux, du sol, de l'eau, de l'air ; ils sont dès lors modifiés et se modifient de toute façon pour s'adapter aux besoins de chaque fonction (1). Ils sont ce que les font devenir les influences extérieures, et, comme ces influences multiples ont pu se combiner à l'infini, elles ont déterminé toutes sortes de différences : aussi, pas une racine, pas un rhizome, pas un chaume, pas une feuille d'une espèce donnée n'est identique dans ses détails histotaxiques à la même partie d'une autre espèce. Et si, dans quelques espèces voisines, ou dans une section de genre, ou dans un genre peu nombreux en espèces, ou même dans des espèces de genres très-éloignés, un caractère commun se présente, on peut remarquer que ces espèces vivent dans le même milieu, sont soumises aux mêmes influences, et que les mêmes besoins ont dû amener une même adaptation.

Nous avons vu un rapport constant entre le développement du tissu fibreux et les expositions sèches et chaudes ; entre celui du parenchyme et les lieux frais et ombragés ; entre celui du parenchyme incolore et les stations des plages maritimes et des terres salées de l'Algérie. Les feuilles des Graminées franchement aquatiques nous ont offert un caractère commun : les canaux à air avec tissu étoilé et diaphragmes vasculifères ; les racines, un autre caractère commun : la réduction de l'élément vasculaire (souvent jusqu'à un seul vaisseau central) et le non-épaississement des parois du tissu cellulaire et fibreux. En même temps chacune d'elles a des différences de détail que nous ne sommes pas encore et que nous ne serons peut-être jamais à même de rattacher aux causes déterminantes. Certaines espèces nous ont offert des différences d'organisation, soit entre leurs feuilles basilaires et les supérieures, soit entre la gaîne et le limbe d'une même feuille, soit entre la base et l'extrémité d'un même limbe, quand ces parties ou ces régions ont à se développer dans un milieu aquatique ou très-humide (1).

---

(1) Il est à remarquer que les Graminées annuelles présentent, en général, dans la structure de leurs feuilles, plus d'uniformité que les Graminées vivaces à feuilles persistantes.

Ailleurs nous avons vu tous les degrés de modification répondant aux degrés d'influence des milieux. On sait qu'aux divers âges d'une même Graminée aquatique, on trouve le parenchyme étoilé à tous les degrés d'évolution, depuis la cellule ovoïde jusqu'à la cellule aux longs rayons. Or, dans la série des Graminées plus ou moins aquatiques, on trouve, occupant la même position, tous les degrés de ce tissu répartis et fixés sur diverses espèces; tout comme dans la série zoologique on trouve un même organe arrêté à chacun des degrés d'évolution par lesquels passe cet organe sur d'autres êtres plus élevés dans la série.

Les modifications ou variations qui se produisent *sous nos yeux*, dans un temps très-court, n'atteignent guère que l'extérieur des organes, en modifient les dimensions, allongent ou réduisent les saillies exodermiques, arrêtent ou favorisent le développement des stomates, etc., sans aller jusqu'à produire, *sous nos yeux*, des formes organiques nouvelles. La permanence du type au-dessous de ces variations peut nous aider à comprendre comment les caractères du genre et de la famille se sont conservés, et se conservent encore au-dessous des modifications plus profondes que des influences plus énergiques et plus durables ont imprimées aux organes de végétation pour amener ce que nous appelons les espèces actuelles. Ainsi nous voyons une structure analogue, ou même presque identique, dans les feuilles et dans les racines d'espèces appartenant à des genres très-éloignés, et conservant d'ailleurs tous leurs caractères génériques, si ces espèces vivent dans les mêmes circonstances; leur état actuel étant la résultante d'une suite d'influences analogues.

---

(1) Il y a même des espèces qui, plus ou moins amphibies (*Phalaris arundinacea*, *Ph. cærulescens*, etc.), ont des racines de deux sortes : les unes semblables aux racines des plantes aquatiques; les autres, à celles des plantes vivant sur un sol non submergé.

Je citerai comme exemple le *Sporobolus arenarius* et l'*Æluropus littoralis*. Il est impossible de parcourir notre littoral méditerranéen, où fréquemment croissent à côté l'une de l'autre ces deux Graminées, sans être frappé des ressemblances qu'elles présentent : — dans leur propagation par d'énormes stolons, d'où s'élèvent des chaumes foliifères et des chaumes spicifères ; — dans la forme de la panicule ; — dans la présence à chaque nœud de deux feuilles de même forme, également étalées, également motiles, à ligule également remplacée par des expansions filiformes. Mais les ressemblances sont bien plus frappantes encore dans les détails histotaxiques : — les tissus du rhizome et des racines sont semblablement disposés ; — l'agencement de ceux des feuilles est presque identique, et, chose très-digne de remarque, constitue pour toutes les deux la même exception avec l'agencement qui règne dans la tribu à laquelle appartient chacune de ces espèces (voy. ci-dessus page 350). Il n'est pas jusqu'à leurs expansions piliformes qui ne présentent une disposition commune, les mettant aussi en dehors des genres voisins. En un mot, tandis que les caractères des organes reproducteurs de ces deux espèces demeurent très-différents, très-éloignés même, le parallélisme le plus complet se montre dans les ressemblances de leur ensemble et des plus minutieux détails de leurs organes de végétation. Ces derniers organes, ayant dans un même lieu une même fonction à remplir, s'y sont adaptés de même façon, au point qu'un facies commun fait reconnaître des plantes de familles très-éloignées comme ayant une même provenance : plaines du Sahara, bords des étangs salés, sommets des hautes montagnes.

Dans la comparaison de genres différents, ces espèces qui se ressemblent sont des termes correspondants, des analogues isotopiques, des espèces parallèles, en un mot ; et leur parallélisme dans les genres comparés répond à celui des variations que des conditions analogues amènent soit sur des espèces congénères (1), soit sur des espèces à propagation et à végétation similaires (2).

---

(1) Voyez *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XII, p. 196 et suiv.

(2) Voyez *Agropyrum de l'Hérault*, p. 369. — Un autre exemple éminemment

Tout étant plus persistant dans les organes de reproduction, c'est là qu'il faut chercher les restes héréditaires des types primitifs et les caractères communs pour l'ordonnance méthodique de l'ensemble. Tout pouvant se modifier davantage sur les organes de végétation, c'est dans la diversité de leur ensemble et de leurs détails qu'il faut chercher les caractères différentiels pour l'établissement des types.

Et là, la moindre différence est précieuse à constater, non au point de vue absolu de la distinction des espèces, car, en s'attachant trop étroitement aux différences des détails extérieurs, on serait conduit à la vaine édification d'espèces pulvérisées et indéfiniment pulvérisables; mais précieuse en ce qu'elle témoigne, comme effet persistant, des modifications que les circonstances diverses peuvent amener sur un type.

RÉSUMÉ.

En résumé,

Nous nous proposions de signaler la diversité de l'agencement des tissus dans la feuille des Graminées, et le rapport des principales dispositions avec les fonctions que peut imposer le milieu.

Linné avait entrevu quelques points de diversité extérieure; Palisot de Beauvois les a négligés, et, niant toute diversité intérieure, a détourné l'attention de l'étude anatomique.

remarquable de ce parallélisme se montre dans la structure des feuilles des trois espèces suivantes de chacun des genres *Agropyrum* et *Brachypodium*.

A l'*Agr. caninum* répond le *Br. sylvaticum;* à l'*Agr. repens* répond le *Br. pinnatum;* à l'*Agr. intermedium* répond le *Br. phœnicoides*.

Aux feuilles plates et molles, aux glumelles longuement subulées, à la souche fibreuse de l'*Agr. caninum,* répondent, par leur forme générale et par tous les détails histotaxiques, la souche, les glumelles, les feuilles du *Br. sylvaticum,* qui a la même station; aux feuilles coriaces et fortement nerviées de l'*Agr. intermedium* Host (*A. campestre* Godr.) répondent, trait pour trait, les détails histotaxiques de celles du *Br. phœnicoides*, et à l'*Agr. repens*, intermédiaire aux deux autres, correspond le *Br. pinnatum*, également intermédiaire. Ce parallélisme est si complet et si parfait, que, pour le décrire, il n'y aurait qu'à répéter sur une espèce ce qu'on aurait dit de la correspondante. On ne peut s'en faire une idée exacte qu'en comparant les sections des feuilles de ces Graminées, ce que je ne puis faire ici, m'étant imposé la loi d'écarter de ce travail toute comparaison et toute description d'espèces.

Certaines Graminées n'ont à chaque nœud qu'une feuille, d'autres en ont deux, de même que certains genres ont à la base de leurs épillets deux glumes et d'autres une seule.

Le limbe a toujours deux faces distinctes.

Ses deux moitiés longitudinales ne sont pas égales.

Le sens de l'enroulement alterne entre deux feuilles consécutives.

La marche des *nervures* dans le limbe présente trois modes et détermine trois formes :

1° Elles sont toutes isolées dès la base ; les plus éloignées de la médiane sont les plus courtes, et le limbe est triangulaire.

2° Elles sont toutes isolées dès la base, toutes de même longueur, et le limbe a ses marges parallèles.

3° Elles sont à la base toutes réunies dans la côte médiane, et ne s'en détachent que successivement ; les plus intérieures sont les plus courtes, et le limbe est lancéolé.

Les tissus d'un limbe sont :

L'épiderme,

Les faisceaux fibro-vasculaires,

Les groupes fibreux hypodermiques,

Le parenchyme.

L'*épiderme* présente, disposées en bandes longitudinales, trois différentes sortes de cellules :

Sur les groupes fibreux hypodermiques, des cellules étroites avec parois épaisses, inégales en longueur, les plus courtes se soulevant en diverses saillies exodermiques.

Sur le parenchyme vert, des cellules grandes ; parmi elles, des stomates soit aux deux faces du limbe, soit seulement à l'une d'elles, laquelle est toujours tournée vers le sol, par position normale, si c'est l'inférieure ; par torsion, si c'est la supérieure.

Enfin, soit à la ligne médiane du limbe, soit à d'autres points déterminés suivant l'espèce, mais toujours entre deux nervures, des cellules bulliformes, de beaucoup les plus grandes de toutes, avec parois minces et faces d'articulation unies. Leur mode de répartition correspond constamment au mode de vernation et aux mouvements du limbe.

Les *faisceaux fibro-vasculaires* sont symétriques et orientés. Les plus complets, ou *primaires*, se composent sur chaque côté d'un gros vaisseau rayé; sur leur ligne médiane, vers le pôle supérieur, de vaisseaux annelés dans une lacune; au centre, de petits vaisseaux, et vers le pôle inférieur de tissu grillagé. Les *secondaires* n'ont point de vaisseaux annelés, et les *tertiaires* ne conservent que les deux derniers éléments ou le dernier seulement. Tous sont circonscrits par une assise-limite ; ils sont disposés en alternance assez régulière, d'après leur degré de force, et sont reliés entre eux par de très-petits faisceaux transversaux qui s'anastomosent sur le tissu grillagé, élément essentiel et toujours subsistant.

Les *groupes de tissu fibreux hypodermique* sont une dépendance du système vasculaire, pour lequel ils sont un revêtement protecteur. Les expositions sèches et chaudes en favorisent le développement; l'ombre et l'humidité le réduisent.

Le *parenchyme* se présente sous trois formes :

1° En cellules simples à chlorophylle *dans toutes les feuilles*, mais avec deux modes de répartition : en cylindre autour des faisceaux, ou par assises entre les faisceaux. Les expositions fraîches et ombragées favorisent le développement du parenchyme vert.

2° En cellules simples, à contenu incolore, dans quelques espèces, avec agencements très-variés. Le développement de ce parenchyme est extrême sur les Graminées des sables du littoral maritime.

3° En cellules étoilées dans les canaux à air, et rameuses dans les diaphragmes vasculifères des *espèces aquatiques*.

Et entre ces formes se montrent de nombreuses transitions dues aux influences du milieu.

Considérées dans leur ensemble, abstraction faite des différences de détail dans la disposition des éléments, les formes si diverses des feuilles des Graminées peuvent se ramener à trois types :

Limbe plié ou roulé, jonciforme, à grosses nervures, où domine le système fibreux hypodermique ;

Limbe lamellaire plus ou moins plan ou étalé, à mésophylle plein, où domine le parenchyme à chlorophylle ;

Limbe lamellaire à mésophylle creusé de canaux à tissu étoilé et à diaphragmes.

Mais, entre les formes les mieux tranchées de chacun de ces types, il y a toutes les transitions possibles.

A part quelques détails communs à plusieurs espèces de Panicées et d'Andropogonées, l'agencement des tissus dans la feuille des Graminées présente une telle diversité, qu'aucune disposition n'est commune à la famille, ni même à tout un genre. Les organes de reproduction, moins exposés aux influences extérieures, nous donnent les caractères génériques représentant l'influence ancestrale ; les organes de végétation fournissent les différences spécifiques, résultantes actuelles des diverses influences extérieures.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE 16.

Fig. 1. *Arundo Donax.* Limbe très-réduit.

Fig. 2. *Poa trivialis.* Limbe.

Fig. 3. *Panicum plicatum.* Schéma du limbe.

Fig. 4, 5, 6, 7. Figures schématiques pour l'explication de la vernation.

Fig. 8. *Lolium rigidum.* Coupe transversale à la base d'une jeune plante pour montrer la vernation. 25/1.

a, limbe de la feuille supérieure du chaume central : il est convoluté ; *b,* gaîne de la deuxième feuille (en descendant) ; *c,* gaîne de la troisième feuille ; *a′*, limbe de la feuille supérieure du chaume latéral de droite : il est condupliqué ; *b′*, gaîne de la deuxième feuille du même ; *d,* gaîne d'une feuille inférieure aux deux chaumes précédents et les enveloppant ; *a″*, limbe de la feuille supérieure du chaume latéral de gauche ; *b″*, gaîne de la deuxième feuille du même ; *c″*, gaîne de la troisième feuille du même ; *e,* gaîne de la feuille inférieure enveloppant tout l'ensemble.

Fig. 9. *Sporobolus arenarius.* Fragment de la coupe longitudinale d'un limbe, opérée un peu obliquement dans un sillon. 120/1.

a, expansion exodermique piliforme ; *b,* grandes cellules à sa base ; *d,* épiderme supérieur ; *e,* épiderme inférieur (voy. la figure 6 de la planche 18).

ig. 10. *Id.* Expansion prise sur les nervures et vue de profil.

Fig. 11. La même, vue de face.

Fig. 12. *Gynerium argenteum.* Expansion exodermique de la marge du limbe. 120/1.

Fig. 13. *Id.* Petite expansion exodermique. 250/1.

Fig. 14. *Id.* Coupe transversale d'une partie de la gaîne. 120/1.
a, faisceau primaire ; *b*, faisceau secondaire ; *c*, *c*, tissu fibreux dépendant des faisceaux ; *d*, faisceau transversal ; *e*, canal aérifère à cellules étoilées.

Fig. 15. *Leersia oryzoides.* Faisceau primaire de la côte médiane. 375/1.
a, *a*, vaisseaux latéraux ponctués ; *b*, petits vaisseaux ; *c*, vaisseau annelé ; *d*, lacune ; *e*, tissu grillagé ; *f*, assise-limite générale ; *f'*, limite du tissu grillagé ; *g*, groupe fibreux hypodermique du pôle inférieur ; *h*, parenchyme incolore.

Fig. 16. *Sesleria cœrulea.* Coupe transversale de la région médiane du limbe. 120/1.
a, carène médiane ; *b*, faisceau médian ; *c*, *d*, groupes fibreux hypodermiques ; *e*, épiderme ; *f*, cellules bulliformes sur un limbe plié ; *g*, les mêmes sur un limbe étalé ; *h*, *h*, faisceaux latéraux ; *i*, lacunes.

PLANCHE 17.

Fig. 1. *Chamagrostis minima.* Coupe transversale d'un limbe. 50/1.

Fig. 2. *Avena bromoides.* Coupe transversale d'un limbe. 35/1.
a, épiderme ; *b*, *b*, faisceaux fibro-vasculaires ; *c*, *c*, groupes fibreux hypodermiques ; *d*, parenchyme vert.

Fig. 3. *Aira media.* Coupe transversale d'un limbe. 35/1.

Fig. 4. *Festuca heterophylla.* Coupe transversale d'un limbe. 50/1.
Remarquer les saillies du revêtement cuticulaire.

Fig. 5. *Festuca glauca.* Coupe transversale d'un limbe. 50/1.

Fig. 6. *Nardus stricta.* Coupe transversale d'un limbe. 50/1.

Fig. 7. *Lygeum Spartum.* Coupe transversale d'un limbe. 35/1.

Fig. 8. *Stipa tenacissima.* Coupe transversale d'une nervure du limbe. 120/1.
a, Faisceau primaire ; *b*, faisceau tertiaire ; *c*, *c*, faisceaux surnuméraires ; *d*, tissu fibreux hypodermique.

Fig. 9. *Glyceria festucæformis.* Coupe transversale d'un limbe. 35/1.

Fig. 10. *Arthratherum pungens.* Coupe transversale d'un limbe. 35/1.

Fig. 11. *Stipa altaica.* Coupe transversale d'un limbe. 35/1.
a, nervure médiane ; *b*, faisceau transversal allant d'un faisceau primaire à un faisceau tertiaire.

Fig. 12. *Panicum plicatum.* Partie de la coupe transversale d'un limbe. 10/1.

Fig. 13. *Id.* La région *cv* du précédent à 120/1.
a, faisceau ; *e*, cellules bulliformes ; *p*, expansion piliforme.

PLANCHE 18.

Fig. 1. *Chloris petræa.* Partie de la coupe transversale d'un limbe. 50/1.

Fig. 2. *Chloris radiata.* Partie marginale de la coupe transversale du limbe. 50/1.
a, *b*, bandes épaisses de tissu fibreux hypodermique. — Comparer la figure 8 de cette planche.

Fig. 3. *Glyceria aquatica*. Partie médiane de la coupe transversale d'un limbe. 35/1.
a, carène dorsale ; *b*, canal aérifère rempli dans le jeune âge de tissu étoilé.

Fig. 4. *Poa annua*. Coupe transversale d'un limbe. 50/1.

Fig. 5. *Spartina stricta*. Coupe transversale d'un limbe. 50/1.
a, nervure médiane.

Fig. 6. *Sporobolus arenarius*. Partie médiane de la coupe transversale d'un limbe. 120/1.
a, expansion exodermique piliforme ; *b*, grandes cellules de la base de l'expansion ; *c*, cellules bulliformes ; *d*, épiderme supérieur ; *e*, épiderme inférieur.

Fig. 7. *Pennisetum asperifolium*. Coupe transversale d'un. limbe 35/1.

Fig. 8. *Andropogon dorsisetum*. Partie marginale de la coupe transversale d'un limbe. 50/1.
a, b, bandes épaisses de tissu fibreux hypodermique.

Fig. 9. *Andropogon connatum*. Coupe transversale d'un limbe. 35/1.

Fig. 10. *Andropogon Gayanum*. Coupe transversale d'un limbe. 10/1.
A, région pétioliforme ; B, région laminaire.

Fig. 11. *Andropogon lanigerum*. Coupe transversale d'un limbe. 35/1.

Fig. 12. *Andropogon foveolatum*. Coupe transversale d'un limbe. 35/1.

PLANCHE 19.

Fig. 1. *Leersia oryzoides*. Coupe transversale d'un limbe.
Au point *a* se trouve dans les feuilles radicales un canal aérifère avec cellules étoilées.

Fig. 2. *Oryza sativa*. Coupe de la côte médiane d'une feuille basilaire. 10/1.
a, réseau vasculaire transversal d'un diaphragme.

Fig. 3. *Id.* Deux cellules d'un diaphragme de la côte médiane. 375/1.

Fig. 4. *Festuca arundinacea*. Partie de la coupe transversale d'un limbe jeune. 35/1.

Fig. 5. *Ctenium americanum*. Partie de la coupe transversale d'un limbe. 120/1.

Fig. 6. *Aira latifolia*. Partie marginale de la coupe transversale d'un limbe. 35/1.
a, *a*, faisceaux transversaux ; *b*, *b*, faisceaux longitudinaux surnuméraires.

Fig. 7. *Tragus racemosus*. Partie de la coupe transversale d'un limbe. 50/1.
a, nervure médiane.

Fig. 8. Détails de la coupe précédente à 375/1.
A, cellules bulliformes en section transversale ; B, les mêmes en section longitudinale ; *x*, cellules médianes ; *m*, cellules latérales, qui, en C, sont vues de face.

Fig. 9. *Tragus racemosus*. Expansion piliforme de la marge. 50/1.
A, vue de profil ; en *m*, un lambeau de l'épiderme de la marge ; B, coupe de la base de la même expansion.

Fig. 10. *Æluropus littoralis*. Coupe transversale d'un limbe. 120/1.

Fig. 11. *Pappophorum scabrum.* Coupe transversale d'un limbe. 50/1.

Fig. 12. *Andropogon prionodes.* Partie de la coupe transversale d'un limbe. 50/1. *a,* nervure médiane ; *b*, nervure secondaire.

Fig. 13. *Brachypodium sylvaticum.* Coupe transversale d'un limbe. 50/1.

Fig. 14. *Brachypodium phœnicoides.* Coupe transversale d'un limbe sur la marge enroulée intérieurement pendant la vernation, et qui ne s'étale jamais complétement. 50/1.

D'une part, j'ai dû borner le nombre des figures reproduisant les coupes des feuilles des Graminées, et, d'autre part, je n'ai voulu donner ici aucune des coupes déjà figurées par moi dans un autre travail. Mais, attendu leur importance et leur nombre, je crois devoir les indiquer ci-dessous, afin qu'on puisse les consulter et y trouver des termes utiles de comparaison.

Elles sont au nombre de 29, contenues dans le Mémoire que j'ai publié en 1870, sous ce titre : *Étude anatomique de quelques Graminées, et en particulier des* Agropyrum *de l'Hérault.*

Ce sont :

PLANCHE XVI.

Fig. 5. *Aira cespitosa.*
Fig. 6. *Psamma arenaria.*
Fig. 7. *Spartina versicolor.*
Fig. 8. *Ampelodesmos tenax.*
Fig. 9. *Gynerium argenteum.*
Fig. 10. *Dactylis glomerata.*
Fig. 11. *Arundo Phragmites.*
Fig. 12. *Arundo Donax.*
Fig. 13. *Glyceria aquatica.*
Fig. 14. *Glyceria fluitans.*

PLANCHE XVII.

Fig. 1. *Cynodon Dactylon.*
Fig. 2. *Sesleria glauca.*
Fig. 3. *Panicum Crus-galli.*
Fig. 4. *Sorghum halepense.*
Fig. 5. *Saccharum officinarum.*
Fig. 6. *Imperata cylindrica.*
Fig. 7. *Andropogon Ischæmum.*
Fig. 8. *Andropogon distachyum.*
Fig. 9. *Andropogon squarrosum.*

PLANCHE XVIII.

Fig. 2. *Triticum repens.*
Fig. 4. *Triticum intermedium.*
Fig. 5. *Triticum littorale.*
Fig. 7. *Triticum Pouzolzii.*
Fig. 9. *Triticum glaucum.*
Fig. 11. *Triticum acutum.*
Fig. 13. *Triticum junceum.*
Fig. 14. *Triticum junceum.*
Fig. 16. *Triticum elongatum.*
Fig. 18. *Triticum Rouxii.*
Fig. 20. *Triticum caninum.*

Les préparations sur lesquelles ont été dessinées ces figures, ainsi que celles du présent travail, sont déposées au Muséum d'histoire naturelle.

ESSAI

DE

CLASSIFICATION DES NOSTOCHINÉES

Par M. G. THURET.

Chercher à déterminer, soit avec les livres de M. Kützing, soit avec l'ouvrage plus récent de M. Rabenhorst, le genre auquel appartient une Algue du groupe des Nostochinées, est une opération où l'on ne réussit pas souvent. Non-seulement les genres y sont trop multipliés et limités sans précision, mais la moindre pratique apprend que la plupart d'entre eux sont fondés sur des caractères inexacts ou sans valeur. Sans doute il est toujours assez délicat d'établir des coupes bien tranchées pour des plantes aussi voisines entre elles que le sont les Nostochinées ; cependant une expérience déjà longue avait appris à M. Thuret qu'il est possible de répartir ces plantes en un certain nombre de groupes suffisamment caractérisés, pour qu'on pût presque toujours rapporter à l'un d'eux une espèce qu'on a étudiée avec quelque soin. Au mois de mars de cette année, M. Thuret avait résumé ses idées sur ce sujet dans des tableaux qu'il ne destinait pas à la publication, mais qu'il avait seulement l'intention de communiquer à l'un de ses correspondants. Quoique ce travail ne soit pas achevé dans toutes ses parties, et ne soit point accompagné de figures qui en rendraient l'intelligence plus facile, il m'a paru assez complet pour être utile aux personnes qui s'intéressent aux Algues inférieures, en leur permettant de les classer d'une manière infiniment plus satisfaisante qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

A défaut de préambule écrit par M. Thuret, je me permettrai de faire précéder son essai de classification des Nostochinées de quelques remarques explicatives.

Les Algues colorées par la phycochrome, les Cryptophycées, se divisent en Chroococcacées et en Nostochinées. Les premières se reproduisent au moyen de cellules isolées (*Glœocapsa*, *Xenococcus*, Thur. mscr.); les secondes, par des tronçons de filaments (*hormogonies*), qui sont doués de motilité quand ils viennent de se séparer de la plante mère.

On sait que les filaments des Nostochinées se composent essentiellement de cellules colorées disposées en file longitudinale. L'ensemble de ces cellules est spécialement désigné, dans le tableau suivant, sous la dénomination de *trichome*. Le trichome peut être nu, entouré de mucilage, ou renfermé dans une gaîne.

La présence ou l'absence des *hétérocystes*, leur nombre, leur situation dans le filament, sont des caractères importants à noter, et qu'on a trop négligés jusqu'ici. Très-faciles à observer sur le vivant, où leur couleur jaune et brillante les distingue des autres cellules du trichome, ils deviennent quelquefois malaisés à discerner sur les échantillons d'herbier décolorés. Dans ces cas douteux, si l'on se rappelle que les hétérocystes sont toujours soudés avec la gaîne, et qu'ils ont une enveloppe propre dont manquent les autres cellules, il suffira d'employer des réactifs appropriés (potasse, solution iodée de chlorure de zinc, etc.) pour mettre leur nature en évidence.

Tantôt les cellules terminales du trichome sont sensiblement semblables aux autres, comme dans les *Lyngbya* et les *Scytonema;* tantôt les filaments sont terminés par un poil hyalin dont les cellules, allongées et dépourvues de contenu coloré, sont d'un diamètre bien plus petit que les articles ordinaires du trichome (*Calothrix*, *Rivularia*). Cette distinction, qui répond à une situation différente du point principal d'accroissement des filaments, est très-marquée sur le vivant et chez les individus qui sont en pleine végétation. Quand au contraire les plantes vieillies ont le sommet rompu, et que leurs hormogonies sont dispersées, les filaments complets sont parfois assez rares, et il faut les chercher avec quelque persévérance.

Certains genres de Nostochinées ont les filaments constamment simples (*Nostoc*, *Anabæna*, etc.) ; d'autres ont les filaments fréquemment pourvus de ramifications latérales (Scytonémées, Calotrichées). Tantôt ces ramifications sont normales et résultent de la division régulière du trichome (Rivulaires, etc.) ; tantôt elles sont accidentelles et irrégulières. Celles-ci se produisent lorsque le trichome venant à se rompre, les extrémités s'accroissent et sortent latéralement de la gaîne, comme il n'est pas rare de l'observer à la base des filaments de certains *Lyngbya ;* ou bien encore lorsque les hormogonies, n'ayant pu s'échapper librement, il arrive qu'elles germent dans l'intérieur de la gaîne. Enfin il est assez fréquent que des germinations se développent sur des filaments plus âgés comme sur un support quelconque ; mais, dans ce cas, les jeunes filaments ne sont point enveloppés de la gaîne générale du filament qui les porte.

Pour qu'elles fassent de bons échantillons d'herbier, les Nostochinées doivent être desséchées aussi rapidement que possible après la récolte, et sans avoir séjourné dans l'eau au delà du temps nécessaire à leur transport et à leur préparation. Il arrive souvent, en effet, lorsque l'on conserve dans l'eau pendant quelques heures des plantes telles que les *Lyngbya* et les *Microcoleus*, dont le trichome entier est doué de mouvement, que les trichomes se dispersent à la manière des Oscillaires, et qu'il ne reste au fond du vase qu'un lacis de gaînes complétement vides. Les *Calothrix* marins, plusieurs Scytonémées, laissent échapper, dans les mêmes conditions, une telle quantité d'hormogonies, que presque tous les filaments sont ouverts au sommet et à moitié vides de leur contenu. C'est dans cet état imparfait qu'on les rencontre le plus souvent dans les collections.

Ed. Bornet.

CLEF DICHOTOMIQUE DES GENRES DE NOSTOCHINÉES.

1.	Filaments atténués au sommet en un poil hyalin (Calotrichées)..........	12
	Filaments n'ayant jamais de poil apical..............................	2
2.	Filaments dans lesquels quelques cellules se changent en hétérocystes.....	3
	Filaments dépourvus d'hétérocystes (Lyngbyées)........................	7
3.	Filaments pourvus de ramifications latérales (Scytonémées)............	10
	Filaments non ramifiés (Nostocées)..................................	4

4. Nostocées.
Filaments plongés dans un mucilage gélatineux de forme déterminée .... Nostoc.
Filaments libres ou plongés dans un mucilage diffluent amorphe. 5

5.
Filaments formés d'un trichome coloré renfermé dans une gaîne hyaline... 6
Filaments n'ayant pas de gaîne distincte du trichome............ A, B, C.

1° *Hétérocystes intercalaires (disséminés dans le trichome).*

A. Spores naissant dans des cellules non contiguës aux hétérocystes................ Anabæna.
β. Trichomes réunis en petits faisceaux flottants. Aphanizomenon.
B. Spores naissant dans les cellules placées de chaque côté des hétérocystes................ Sphærozyga.

2° *Hétérocystes terminaux (placés à chaque bout du trichome).*

C. Spores naissant dans des cellules placées immédiatement au-dessous des hétérocystes................ Cylindrospermum.

6.
Cellules discoïdes. Spores très-apparentes. Hétérocystes placés à intervalles réguliers................ Nodularia.
Cellules plus longues que larges. Point de spores........... Microchæte.

7. Lyngbyées.
Filaments tordus en spirale.................. Spirulina.
Filaments non tordus en spirale........................ 8

8.
Filaments n'ayant pas de gaîne distincte du trichome......... Oscillaria.
β. Filaments agglutinés en petits faisceaux flottants... Trichodesmium.
Filaments formés d'un ou plusieurs trichomes colorés renfermés dans une gaîne transparente, d'où les trichomes sortent pour reproduire de nouveaux filaments........................ 9

9.
Gaîne contenant plusieurs trichomes, au moins dans les plus gros filaments........................ A, B.
A. Filaments croissant en mèches éparses, rampantes, ou dressées, ou flottantes................ Microcoleus.
B. Filaments fasciculés dressés, croissant en petites touffes arrondies ou en gazons feutrés d'étendue indéterminée. Trichomes très-fins................ Inactis.
Gaîne ne renfermant qu'un seul trichome........................ A, B.
A. Filaments simples (ou ne présentant qu'exceptionnellement un commencement de ramification par la déviation du trichome qui sort latéralement de la gaîne................ Lyngbya.
β. Filaments agglutinés en mèches.............. Symploca.
B. Filaments ramifiés. Ramifications produites par la déviation du trichome hors de la gaîne, très-irrégulières, et souvent géminées comme dans les *Scytonema*.................. Plectonema.

10. Scytonémées.
Trichomes dont les cellules ne se multiplient que dans le sens de la longueur du filament........................ 11
Trichomes dont les cellules se multiplient aussi dans le sens de la largeur du filament, au moins à la naissance des ramifications, qui sont toujours produites par cette multiplication latérale........................ A, B.

A. Cellules du trichome souvent géminées ou ternées par suite de leur multiplication latérale, ou formant même des bandes transversales pluricellulaires. Gaîne large. Cellules entourées d'une membrane épaisse, très-apparente dans les vieux filaments. Hormogonies naissant dans des ramules latéraux formés d'un seul rang de cellules .... Stigonema.

β. Filaments des hormogonies beaucoup plus fins que le filament principal, et naissant en touffes unilatérales...... Fischera.

B. Trichomes formés pour la plus grande partie d'un seul rang de cellules. Gaîne mince. Plantes aquatiques ayant l'aspect des *Tolypothrix*.............................. Hapalosiphon.

11. Gaîne renfermant plusieurs trichomes.................. Cystocoleus.
Gaîne ne renfermant qu'un seul trichome. Ramifications produites par la déviation du trichome qui sort latéralement de la gaîne............ A, B.

A. Ramifications habituellement géminées, produites par un repli du trichome qui fait hernie hors de la gaîne et donne naissance à deux filaments parallèles sortant à angle droit. Hétérocystes intercalés çà et là dans le trichome sans relation apparente avec les ramifications.......................... Scytonema.

β. Gaîne très-large formant un limbe transparent autour du trichome.......................... Petalonema

γ. Filaments agglutinés en mèches dressées. Symphyosiphon.

B. Ramifications rarement géminées, plus souvent solitaires et naissant au point où la continuité du trichome est interrompue par des hétérocystes. Un ou plusieurs hétérocystes placés immédiatement au-dessus de chaque ramule................ Tolypothrix.

12. Calotrichées. Filaments agglutinés par un mucilage plus ou moins ferme. Fronde ayant en général une circonscription bien déterminée 13
Filaments libres, croissant en petites touffes ou en gazons d'étendue indéterminée.................. Calothrix.

13. Hétérocystes intercalaires. Ramifications très-irrégulières provenant d'un repli du trichome en forme de V, d'où naissent deux filaments géminés, distincts à la base, mais qui, à une certaine hauteur, se transforment, pour la plupart, en un filament unique composé d'un seul rang de cellules. Fronde creuse, mais dure, plissée, ayant l'aspect d'une petite Rivulaire.. Hormactis.
Hétérocystes basilaires (placés à la base des filaments principaux et des ramules). Ramifications produites par la division transversale des trichomes, dont la partie supérieure se détache et devient un ramule latéral, tandis que la partie inférieure, s'allongeant à côté de son ancienne sommité, refait une extrémité nouvelle semblable à la première............... 14

14. Spores naissant dans la partie inférieure des trichomes...... Glæotrichia.
Trichomes ne produisant jamais de spores. .... A.

A. Fronde tendant à prendre une forme hémisphérique ou vésiculeuse. Filaments offrant une disposition rayonnante à partir de la base de la fronde.................................. Rivularia.

β. Fronde plane. Filaments dressés parallèles....... Isactis.

ENUMERATIO

GENERUM NOSTOCHINEARUM

(Mart. 1875)

Ordo CRYPTOPHYCEÆ.

Tribus 1ª : CHROOCOCCACEÆ (coccogoneæ).

Tribus 2ª : NOSTOCHINEÆ (hormogoneæ).

Subtribus 1ª : PSILONEMEÆ (filis haud piliferis).

NOSTOCEÆ.

NOSTOC, Vauch. (HORMOSIPHON, Ktz.; MONORMIA (Berk.).

Species : Nostoc commune, *Vauch.*
— verrucosum, *Vauch.*
— intricatum, *Menegh.* (Monormia intricata, *Berk.*; Anabæna intricata, *Ktz.*).

A (1). ANABÆNA (Bory), Kütz. (TRICHORMUS, Allman; DOLICHOSPERMUM, Thwaites).

Species : Anabæna variabilis, *Ktz.* (Sphærozyga Thwaitesii, *Harv.*).

6. APHANIZOMENON, Morren (LIMNOCHLIDE, Ktz.).

Species : Aphanizomenon Flos-aquæ, *Ralfs* (Limnochlide Flos-aquæ, *Ktz.*).

---

(1) Quelques noms de genres de la liste ci-dessus sont précédés des lettres A, B, C. Cette notation indique : 1° que ces genres forment un ensemble auquel on pourrait donner un nom commun, parce qu'ils ne diffèrent entre eux que par des caractères de valeur secondaire; 2° qu'il est pourtant commode et plus conforme à la nature de les conserver à part. Ainsi les genres *Anabæna*, *Sphærozyga* et *Cylindrospermum* ont les filaments et les spores semblables, mais ces spores sont placées d'une manière différente relativement aux hétérocystes.

Les lettres grecques désignent que les sections sont de moindre valeur que les précédentes. En général, ces divisions sont fondées sur le port ou sur quelque particularité très-apparente, mais de peu d'importance réelle. Les genres *Aphanizomenon, Symploca*, *Symphyosiphon*, par exemple, diffèrent seulement des *Anabæna*, *Lyngbya* et *Scytonema*, parce que leurs filaments sont agglutinés en mèches au lieu d'être libres. Le *Petalonema* est un *Scytonema* à gaîne très-développée.

B. SPHÆROZYGA (Ag.), Ralfs.

Species : Sphærozyga Carmichaelii, *Harv.* (Cylindrospermum Carmichaelii, *Ktz.*).
polysperma, *Rabenh.* (Cylindrospermum polyspermum, *Ktz.*).

C. CYLINDROSPERMUM (Kütz.), Ralfs.

Species : Cylindrospermum licheniforme, *Ktz.*
— catenatum, *Ralfs* (Rabenhorst, Alg. exsicc., n° 1358).

NODULARIA, Mertens (SPERMOSIRA, Ktz.).

Species : Nodularia spumigena, *Mert.*
— litorea, *Nob.* (Spermosira litorea, Vriesiana, *Ktz.*).
— Harveyana, *Nob.* (Spermosira Harveyana, *Thwaites*).

MICROCHÆTE, Nob. (Genus ulterius observandum).

Species : Microchæte grisea, *Nob.*
— tenera, *Nob.*

LYNGBYÆ.

SPIRULINA, Turpin.

Species : Spirulina oscillarioides, *Turp.*

OSCILLARIA (Bosc), Kütz.

Species : Oscillaria subuliformis, *Thwaites.*
— colubrina, *Nob.*
— princeps, *Vauch.*
— maxima, *Ktz.*

β. TRICHODESMIUM, Ehrenb.

Species : Trichodesmium erythræum, *Ehr.*

A. MICROCOLEUS, Desmaz. (CHTHONOBLASTUS, Ktz.; HYDROCOLEUM, Ktz.; SYMPLOCA, Ktz., pro parte).

Species : Microcoleus chthonoplastes, *Nob.* (Oscillataria chthonoplastes, *Hofman-Bang! Lyngbye!* Chthonoblastus Lyngbyei, *Ktz.*; Microcoleus anguiformis, *Harv.*
— terrestris, *Desmaz.* (Chthonoblastus repens, Vaucheri, etc., *Ktz.*).

Microcoleus lyngbyaceus, *Nob.* (Hydrocoleum lyngbyaceum, *Ktz.*).
— Friesii, *Nob.* (Symploca Friesiana, Wallrothiana, etc., *Ktz.*).

B. INACTIS, Kütz. (Charact. emend.) (SCHIZOTHRIX, Ktz.; HYPHEOTHRIX, Ktz., pro parte).

Species : Inactis tornata, *Ktz.* (Inactis crustacea, pulvinata, vaginata, *Ktz.*).
— scopulorum, *Nob.* (Hypheothrix scopulorum, *Ktz.*?)
— Cresswellii, *Nob.* (Schizothrix Cresswellii, *Ktz.*).
— tinctoria, *Nob.* (Hydrocoleum tinctorium, *A. Br.* — Moug. et Nestl. Stirp., n° 899).

A. LYNGBYA (Ag.) Kütz. (PHORMIDIUM, Ktz.; SIPHODERMA, Ktz.; LEPTOTHRIX, Ktz., pro parte ; HYPHEOTHRIX, Ktz., pro parte ; AMPHITHRIX, Ktz., pro parte ; LEIBLEINIA, Ktz., pro parte).

Species : Lyngbya majuscula, *Harv.*
— æstuarii, *Liebm.* (Lyngbya æruginosa, *Ag.*, *Ktz.*; Lyngbya pannosa, *Ktz.*).
— luteo-fusca, *J. Ag.* (Leibleinia Cirrulus, *Ktz.*).
— semiplena, *J. Ag.* (Leibleinia cespitula, semiplena, sordida, *Ktz.*).
— Kützingiana, *Nob.* (Phormidium Kützingianum, *Le Jol.*).
— membranacea, *Nob.* (Phormidium membranaceum, *Ktz.*).
— laminosa, *Nob.* (Oscillatoria laminosa, *Ag.*; Lepto thrix compacta, *Ktz.*).
— ochracea, *Nob.* (Leptothrix ochracea, *Ktz.*).

β. SYMPLOCA, Kütz. (exclus. spec. plur.).

Species : Symploca fasciculata, *Ktz.* (Lyngbya Stragulum, *Ktz.*, ex *Le Jol.*).
— Harveyi, *Le Jol.* (Calothrix semiplena, *Harv.*, non *Ag.*).
— Phormidium, *Nob.* (Lyngbya Phormidium, *Ktz.*).

B. PLECTONEMA, Nob. (CALOTHRIX, Ktz., pro parte).

Species : Plectonema mirabile, *Nob.* (Conferva mirabilis, *Dillw.*; Calothrix Brebissonii, *Ktz.*; Lyngbya atro-

virens, *Harv.*; — Rabenh. Alg., n° 825, 1305, 1844).

Plectonema tenue, *Nob.*

SCYTONEMEÆ.

A. SCYTONEMA (Ag.), Kütz. (DRILOSIPHON, Ktz.).

Species : Scytonema Myochrous, *Ag.*, pro parte.
— chlorophæum, *Ktz.*
— cincinnatum, *Nob.* (Lyngbya cincinnata, *Ktz.*; Calothrix stuposa, *Ktz.*).
— tomentosum, *Ktz.*

β. PETALONEMA, Berk. (ARTHROSIPHON, Ktz.).

Species : Petalonema alatum, *Berk.* (Arthrosiphon Grevillii, *Ktz.*).

γ. SYMPHYOSIPHON, Kütz., pro parte.

Species : Symphyosiphon Hofmanni, *Ktz.*
— ambiguus, *Nob.* (Scytonema ambiguum, *Ktz.*).

B. TOLYPOTHRIX, Kütz., pro parte (SCLEROTHRIX, Ktz.).

Species : Tolypothrix flaccida, *Ktz.*
— distorta, *Ktz.*
— penicillata, *Nob.* (Scytonema penicillatum, *Ktz.* ex *Rabenh.*; Scytonema Nægelii, *Ktz.*; Scytonema Turicense, *Næg.*; Calothrix Leineri, *A. Br.*; Rabenh. Alg. exsicc., n. 290, 996, 1944).
— truncicola, *Nob.* (Scytonema truncicola, *Rabenh.*).

A. STIGONEMA, Ag. (SIROSIPHON, Ktz.).

Species : Stigonema mamillosum, *Ag.* (non *Ktz.*).
— ocellatum, *Nob.* (Sirosiphon ocellatus, *Ktz.*).

β. FISCHERA, Schwabe.

Species : Fischera muscicola, *Nob.*

B. HAPALOSIPHON, Næg. (TOLYPOTHRIX, Ktz., pro parte).

Species : Hapalosiphon fuscescens, *Ktz.* (Tolypothrix fuscescens, *Bréb.*).

CYSTOCOLEUS, Nob.

Species : Cystocoleus minor, *Nob.* (Symphyosiphon minor, *Hilse* — Rabenh., Alg. exsicc., n° 1776 ; Calothrix tenuissima, *A. Br.*).

Subtribus 2ª TRICHOPHOREÆ (filis apice piliferis).

CALOTRICHEÆ.

CALOTHRIX, Ag., pro parte (Mastichothrix, Ktz.; Mastichonema, Ktz.; Schizosiphon, Ktz.; Amphithrix, Ktz., pro parte; Leibleinia, Ktz., pro parte; Symphyosiphon, Ktz., pro parte).

1. *Heterocystis distinctis.*

Species : Calothrix confervicola, *Ag.* (Leibleinia chalybea, amethystea, *Ktz.*).
— æruginea, *Nob.* (Leibleinia æruginea, *Ktz.*).
— parasitica, *Nob.* (Schizosiphon parasiticus, *Le Jol.*).
— scopulorum, *Ag.* (Schizosiphon scopulorum, etc., *Ktz.*).
— fasciculata, *Ag.* (Schizosiphon fasciculatus, *Ktz.*).
— pulvinata, *Ag.* (Symphyosiphon pulvinatus, Gallicus, *Ktz.*; Calothrix pannosa, *Harv.*, non *Ag.*; Schizosiphon Lenormandi, *Ktz.* ex *Le Jol.*).
— parietina, *Nob.* (Schizosiphon parietinus, *Næg.*; Mastichonema pluviale, *A. Br.*).
— gypsophila, *Nob.* (Schizosiphon gypsophilus, *Ktz.*).
— Orsiniana, *Nob.* (Mastichonema Orsinianum, *Ktz.*; Schizosiphon Cataractæ, *Næg.*).

2. *Heterocystis nullis.*

Species : Calothrix cespitosa, *Ktz.* — Rabenh. Alg., exsicc., n° 2315.
— decipiens, *Nob.*

RIVULARIA, Roth (Rivularia et Zonotrichia, J. Ag.; Physactis, Heteractis, Ainactis, Limnactis, Dasyactis, Euactis, Ktz.).

Species : Rivularia atra, *Roth.* (Zonotrichia hemisphærica, *J. Ag.*;

Euactis amœna, atra, confluens, hemisphærica, Lenormandiana, marina, *Ktz.*).

Rivularia hospita, *Nob.* (Euactis hospita, prorumpens, *Ktz.*).

— Warreniæ, *Nob.* (Schizosiphon Warreniæ, *Casp.*; Dasyactis salina, *Ktz.*).

— radians, *Nob.* (Schizosiphon radians, *Ktz.*; Limnactis flagellifera, *Ktz.*; Limnactis Schnurmanni, *A. Br.*; Dasyactis pulchra, *Næg.*).

— plicata, *Carm.* (Physactis plicata, *Ktz.*).

— bullata, *Berk.* (Rivularia nitida, *Harv.*, non *Agardh*; Physactis bullata, lobata, pilifera, spiralis, *Ktz.*).

— mesenterica, *Nob.* (Heteractis mesenterica, *Ktz.*).

β. ISACTIS, Nob.

Species : Isactis plana, *Nob.* (Dasyactis plana, *Ktz.*; Physactis atropurpurea, obducens, *Ktz.*).

GLÆOTRICHIA, J. Ag. (Rivularia, Kütz.).

Species : Glæotrichia punctulata, *Nob.*).

— natans, *Nob.* (Tremella, *Hedwig*; Rivularia angulosa, Boryana, Brauniana, Brebissoniana, gigantea, Hedwigiana, Lyngbyana, rigida, Sprengeliana, *Ktz.*).

— Pisum, *Nob.* (Rivularia Pisum, *Ag.*; Rivularia durissima, Lens, Lenticula, minuta, parvula, pygmæa, *Ktz.*; Physactis durissima, Pisum, villosa, *Ktz.*).

HORMACTIS, Nob.

Species : Hormactis Balani, *Nob.* (Rivularia Balani, *Lloyd*; Physactis Lloydii, *Ktz.*).

OBSERVATIONS
SUR
LA LÉGÈRETÉ SPÉCIFIQUE ET LA STRUCTURE DE L'EMBRYON DE QUELQUES LÉGUMINEUSES

Par M. Ph. VAN TIEGHEM (1).

S'il est vrai que, chez la plupart des plantes, les graines bien conformées et mûres sont plus lourdes que l'eau, on sait cependant, notamment depuis les recherches faites en 1827 par Schübler et Renz (2), qu'un certain nombre de végétaux échappent à cette règle et forment des graines dont le poids spécifique est inférieur à l'unité. Aussi est-il nécessaire, si l'on veut bien saisir l'intérêt particulier des quelques faits nouveaux qui font l'objet de cette Note, de déterminer tout d'abord la cause de la légèreté spécifique des diverses graines qui sont connues jusqu'ici pour flotter à la surface de l'eau.

I

Parmi les graines citées par Schübler et Renz, et par les auteurs plus récents, comme ayant une densité inférieure à l'unité, éliminons d'abord toutes celles qui sont, non de véritables graines, mais des fruits monospermes et indéhiscents. Ces fruits renferment, en effet, une graine plus lourde que l'eau, et ils doivent leur légèreté spécifique, soit à la structure spongieuse du péricarpe, soit à l'air confiné entre le péricarpe et la graine, soit à ces deux causes à la fois. Pour se faire une idée du degré d'influence que le péricarpe peut exercer sous ce rapport, même quand il adhère intimement à la graine, il suffit d'ailleurs de comparer à la densité de l'akène ou tiers d'ovaire du *Tropæolum majus* : 0,21, d'après Schübler et Renz, le poids spécifique de la graine qu'il renferme : 1,21, d'après mes propres déterminations. Le rapport est de 1 à 6 ; en d'autres termes, la seule présence du péricarpe allége la graine de Capucine des cinq sixièmes de son poids (1) :

---

(1) Extrait des *Mémoires de la Société nationale des sciences naturelles de Cherbourg*, 1875, t. XIX.

(2) Schübler et Renz, *Untersuchungen über das Eigengewicht der Saamen und näheren Bestandtheile des Pflanzenreichs* (*Kastner's Archiv für die gesammte Naturlehre*, 1827, t. X, p. 401).

Cette élimination faite, il reste un assez petit nombre de véritables graines réellement plus légères que l'eau, et dont le tableau suivant donne les densités, d'après les deux auteurs allemands :

Euphorbia Lathyris	0,998
Ricinus communis	0,902
— *inermis*	0,438
Pinus Abies	0,853
— *Larix*	0,848
Pinus silvestris	0,807
Iris pratensis	0,830
— *halophila*	0,863
Cucumis Melo	0,890
Benincasa cerifera	0,705
Digitalis purpurea	0,773 (2).

Si maintenant on cherche, dans la structure de ces quelques graines, et de plusieurs autres qui, se trouvant dans le même cas, viennent augmenter cette liste, la raison de leur faible densité, on ne tarde pas à voir que la cause en est un peu diverse. Elle réside en effet, tantôt dans le tégument, tantôt dans l'amande, et tantôt dans le défaut de contact de ces deux parties. Les graines en question se rangent donc sous ce rapport en trois catégories distinctes.

---

(1) De mon côté, je trouve pour densité de l'akène entièrement débarrassé de l'air adhérent à sa surface un nombre plus fort : 0,55. On conçoit, d'ailleurs, que ce nombre varie dans des limites assez étendues avec l'épaisseur du péricarpe et la quantité d'air qu'il renferme. Les densités du fruit et de la graine sont alors dans le rapport de 1 à 2.

(2) Il paraît y avoir erreur pour cette plante, car j'ai vu les graines des *Digitalis purpurea*, *lutea* et *orientalis*, une fois entièrement débarrassées de l'air adhérent à la surface, aller toutes au fond de l'eau.

Dans la première, c'est-à-dire quand la graine doit sa légèreté au tégument, la chose peut avoir lieu de deux manières différentes. Ou bien le tégument se sépare pendant la dessiccation en deux couches isolées l'une de l'autre par de l'air, la couche externe enveloppant à distance le reste de la graine, comme d'un sac trop large ; ce sac enlevé, la graine tombe au fond de l'eau. C'est le cas des Iris (*Iris pallens*, *sibirica*, *stenogyna*, etc.). Ou bien, tout en demeurant continu dans son épaisseur, le tégument est formé, dans sa zone externe tout au moins, de cellules pleines d'air ou qui laissent entre elles des lacunes aérifères ; son tissu est alors beaucoup plus léger que l'eau, et, pour peu que l'amande n'ait pas par elle-même une forte densité, la graine flotte. Il en est ainsi dans plusieurs Cucurbitacées (*Cucumis Melo*, *Benincasa cerifera*), tandis que chez d'autres plantes de la même famille, l'amande l'emporte et la graine tombe au fond (*Ecbalium Elaterium*). A cet exemple on peut en ajouter plusieurs autres, auxquels la même explication convient : les graines d'*Aristolochia rotunda*, dont le tégument a sa zone externe composée de cellules élégamment réticulées et pleines d'air, les graines de *Fritillaria imperialis*, de *Moringa*, etc. Il en est de même encore des graines de *Pinus*, *Abies*, *Larix*, citées par Schübler et Renz ; de *Ginkgo* et d'*Asphodelus*, observées par M. Martins; de *Maurandia* et de *Phormium*, signalées par M. Thuret (1).

Dans la seconde catégorie de plantes, le tégument est plus dense que l'eau, et c'est l'amande qui est plus légère et qui fait flotter la graine. Il en est ainsi dans certaines Euphorbes (*E. Lathyris*) (2), et surtout dans le Ricin (*R. communis*, *R. inermis*), comme on le voit dans le tableau précédent ; j'ajoute que le *Croton religiosum*, le *Stillingia sebifera* et le *Buxus sempervirens* sont dans le même cas. Dans ces diverses plantes, les cotylédons foliacés de l'embryon appliquent bien leur face externe ou inférieure de chaque côté contre l'albumen, mais au lieu de se toucher par leur face interne ou supérieure, ils laissent entre eux, au centre, un certain intervalle plein d'air. C'est à cet air confiné dans sa région centrale que l'amande, et par elle la graine tout entière, doit sa légèreté spécifique. Mais l'exemple le plus frappant de cette disposition nous est offert par les grosses graines d'*Entada scandens*, qui flottent, malgré leur épaisse enveloppe ligneuse, parce que les larges cotylédons, étroitement appliqués par leur face externe contre le tégument, laissent, entre leurs faces internes en regard, un grand espace lenticulaire plein d'air. Cette même cavité lenticulaire se retrouve, mais un peu moins large, entre les cotylédons du *Mucuna urens*, et c'est elle qui, donnant à ces grosses graines une densité moyenne un peu inférieure ou sensiblement égale à l'unité, leur permet de nager pour ainsi dire entre deux eaux.

---

(1) Tout en me référant principalement au travail de Schübler et Renz, je ne néglige pas, bien qu'elles aient un autre objet, les indications fournies par les recherches de M. Martins, *Expériences sur la vitalité des graines flottant à la surface de la mer* (*Bull. de la Soc. bot.*, 1857, t. IV, p. 324), et de M. Thuret, *Expériences sur les graines qui flottent dans l'eau de mer* (*Arch. des sc. de la Bibl. univ. de Genève*, juillet 1873, p. 179).

(2) Chez d'autres Euphorbes, les graines vont au fond de l'eau.

Dans le troisième cas, il arrive que le tégument et l'amande étant séparément plus lourds que l'eau, la graine flotte cependant. Cela tient alors à ce que l'amande, en se desséchant, s'est séparée du tégument, et qu'un certain volume d'air s'est interposé entre ces deux parties. Cette explication ne convient à aucun des exemples cités par Schübler et Renz, mais il en est ainsi dans le *Guilandina Bonduc*, et c'est ce qui rend compte de la légèreté spécifique de certaines graines, d'ailleurs bien conformées, de cette plante (1).

Enfin la seconde des causes que nous venons de signaler peut se combiner avec la troisième pour faire flotter la graine. La graine du Noyer (*Juglans regia*), par exemple, se maintient au-dessus de l'eau grâce à une petite quantité d'air contenu entre le tégument et l'embryon, et à une autre petite quantité d'air enfermée entre les deux cotylédons. Dans le Ricin, il existe aussi entre le tégument et l'amande une mince couche d'air dont l'effet s'ajoute à celui de l'espace central pour alléger la graine.

---

(1) M. Martins affirme d'une manière générale que les graines du *Guilandina Bonduc* flottent sur l'eau (*loc. cit.*, p. 329). Or, sur douze de ces graines pourvues d'embryons bien conformés, j'en ai vu huit aller au fond, trois flotter, et une se maintenir entre deux eaux. Ces inégalités s'expliquent aisément. Le tégument et l'amande étant ici beaucoup plus lourds que l'eau, il faut naturellement que le volume d'air logé entre eux dépasse une certaine limite, pour que la densité moyenne de la graine soit ramenée au-dessous de l'unité. Or, ce volume d'air, c'est-à-dire la contraction de l'embryon pendant la dessiccation, varie d'un fruit à l'autre.

En résumé, de l'examen auquel nous venons de nous livrer, il résulte que l'assez petit nombre de véritables graines actuellement connues comme étant plus légères que l'eau doivent leur faible densité à de l'air confiné, soit dans l'épaisseur du tégument, soit au centre de l'amande entre les deux cotylédons de l'embryon, soit entre l'amande et le tégument, soit enfin à la combinaison de ces diverses causes. De telle sorte qu'il semble permis d'établir en règle générale que, dans toutes les plantes, une fois isolé et débarrassé de l'air adhérent à sa surface, l'*embryon est plus lourd que l'eau.*

II

Or, c'est précisément à cette règle que viennent faire exception les quelques plantes qui font l'objet de ce travail. Elles appartiennent, dans l'ordre des Légumineuses, à la tribu des Phaséolées. Ce sont diverses Érythrines (*Erythrina indica*, *Crista-galli*, *glauca*, *caffra*), l'*Apios tuberosa* et le *Wisteria frutescens*. Leurs graines ont pour densités :

Erythrina indica	0,89
— *Crista-galli*	0,91
— *glauca*	0,94
Apios tuberosa	0,88
Wisteria frutescens	0,98

le poids spécifique de la graine des autres Légumineuses étant, en général, compris entre 1,2 et 1,4 (1).

Comme il est facile de s'en assurer, les graines de ces plantes ont un tégument plus lourd que l'eau ; ce tégument est complétement rempli par l'amande, c'est-à-dire par l'embryon ; enfin cet embryon a ses épais cotylédons exactement appliqués l'un contre l'autre par leur face interne ou supérieure. Elles ne rentrent donc dans aucune des trois catégories que nous avons examinées tout à l'heure. C'est à la légèreté spécifique de l'embryon lui-même qu'elles doivent de flotter à la surface de l'eau. Et en effet la densité de l'embryon dépouillé de son enveloppe est, pour l'*Erythrina Crista-galli*, par exemple : 0,87, le poids spécifique de la graine totale étant 0,91. Ce n'est donc pas à cause de son tégument que la graine surnage ici, mais bien malgré son tégument, dont l'embryon est obligé de soulever le poids.

---

(1) Comme points de comparaison, il me paraît utile d'inscrire ici, d'après mes

Ainsi, les plantes en question font une remarquable exception à la règle énoncée plus haut ; *l'embryon y est plus léger que l'eau.* Cherchons maintenant, en étudiant la structure de l'embryon et notamment des cotylédons qui en forment la presque totalité, à déterminer la cause prochaine de cette propriété.

Remarquons d'abord que le fait ne peut pas s'expliquer par la nature des principes immédiats déposés dans les cellules de l'embryon. Ces graines ne renferment, en effet, qu'une très-petite quantité de matière grasse. Et d'ailleurs, quand l'embryon renferme beaucoup d'huile, sa densité est plus faible assurément,

propres déterminations, les densités des graines de quelques autres Légumineuses, en mettant en tête plusieurs Phaséolées.

Phaséolées	*Dolichos sesquipedalis*	1,23
	Soja hispida	1,24
	Phaseolus vulgaris (var. *Bagnolet*).	1,26
	Cajanus bicolor	1,29
Autres Légumineuses	*Arachis hypogæa*	1,06
	Faba vulgaris	1,15
	Colvillea insignis	1,27
	Gymnocladus canadensis	1,28
	Ervum Lens	1,31
	Tamarindus indica	1,34
	Albizzia lophantha	1,37
	Gleditschia lævis	1,39
	Lupinus varius	1,39

mais elle se maintient supérieure à l'unité (*Arachis hypogæa* (d = 1,06), *Amygdalus communis*, *Bertholletia excelsa*, *Brassica campestris*, *Cannabis sativa*, *Juglans regia*, *Linum usitatissimum*, etc.). La densité plus forte des membranes cellulaires, de l'aleurone, du protoplasma fondamental et de l'amidon, quand il y en a (*Arachis hypogæa*), suffit donc, et au delà, à compenser la moindre densité de l'huile. En outre, si les graines d'Érythrine sont dépourvues d'amidon, substance qui alourdit beaucoup les semences, celles d'*Apios tuberosa* et de *Wisteria frutescens* en renferment abondamment. On sait d'ailleurs que parmi les graines de Légumineuses plus lourdes que l'eau et dépourvues d'albumen comme les précédentes, certaines ont de l'amidon, il est vrai (*Phaseolus*, *Faba*, *Sophora*, *Cajanus*, etc.), mais beaucoup d'autres n'en possèdent pas (*Psoralea*, *Ulex*, *Acacia Farnesiana*, etc.).

D'autre part, il est clair que la chose ne tient pas non plus à l'absence d'albumen ; car il est bien connu (1) que si beaucoup de Légumineuses à graine lourde ont un albumen dépourvu de fécule, de consistance cornée, et dont les membranes cellulaires épaissies et modifiées forment mucilage avec l'eau, il y en a un grand nombre qui n'en possèdent pas et où l'amande se réduit au seul embryon.

C'est donc bien plutôt dans la forme et dans la disposition des cellules qui composent le tissu des cotylédons qu'il faut chercher la raison d'être de la légèreté des graines que nous étudions.

III

Mais, pour mieux faire ressortir le caractère anatomique particulier offert par le cotylédon des plantes de ces trois genres, il est nécessaire de se procurer d'abord des points de comparaison, et pour cela il faut étudier la structure générale des cotylédons dans les autres genres de l'ordre des Légumineuses. Cette étude montre que la structure cotylédonaire de ces plantes se rattache à trois types principaux :

---

(1) Depuis le mémoire de MM. Schleiden et Vogel, *Ueber das Albumen insbesondere der Leguminosen* (*Nova Acta*, XIX, 2e partie, 1842).

1° A partir de l'épiderme supérieur, on rencontre d'abord deux ou trois rangs de cellules étroites et fort allongées perpendiculairement à la surface, serrées côte à côte en forme de palissade ; puis vient une couche de larges cellules polyédriques ne laissant entre elles que de très-petits méats, et qui s'étend jusqu'à l'épiderme inférieur. Les deux moitiés de l'épaisseur du cotylédon sont donc dissemblables, et cette structure hétérogène rappelle celle des feuilles coriaces des arbres et arbustes dicotylédonés (*Parkinsonia aculeata*, *Colvillea insignis*, avec albumen ; *Mimosa uruguensis*, *Ulex europæus*, *Acacia Farnesiana*, sans albumen).

2° D'un épiderme à l'autre, le tissu du cotylédon est formé de cellules allongées perpendiculairement à la surface et étroitement serrées côte à côte, un peu plus longues, en général, du côté supérieur. Quelquefois la zone moyenne, où cheminent les faisceaux, a ses cellules isodiamétriques (*Bauhinia*, etc.). Les deux faces de la feuille ont donc ici même structure et ressemblent à la moitié supérieure du cotylédon du premier type (*Bauhinia Richardiana*, *Ceratonia siliqua*, *Cassia lævigata* et *fœtida*, *Podalyria sericea*, *Robinia Pseudacacia*, avec albumen ; *Soja hispida*, sans albumen).

3° Enfin, d'un épiderme à l'autre, le tissu est composé de cellules isodiamétriques, tantôt polyédriques et ajustées sans méats ou avec de très-petits méats, tantôt un peu arrondies et laissant entre elles des espaces aérifères un peu plus grands. La structure du cotylédon est encore homogène, mais elle ressemble cette fois à la moitié inférieure du cotylédon du premier type. Cette catégorie paraît comprendre le plus grand nombre de genres (*Gleditschia horrida*, *Poinciana pulcherrima*, *Cercis canadensis*, *Cæsalpinia coriaria*, etc., avec albumen ; *Arachis hypogæa*, *Cajanus bicolor*, *Psoralea esculenta*, *Sophora secundiflora*, *Entada scandens*, *Guilandina Bonduc*, *Albizzia lophantha*, *Phaseolus vulgaris*, *Faba vulgaris*, *Ervum Lens*, etc., sans albumen). C'est encore à ce type que se rattachent le *Tamarindus indicâ*, l'*Hymenæa Courbaril* et le *Mucuna urens*, mais avec cette particularité remarquable que toutes les cellules des cotylédons, polyédriques et ajustées sans méats ou avec de petits méats, ont leur membrane extrêmement épaissie vers l'intérieur et canaliculée ; dépourvu d'albumen, l'embryon prend donc ici une consistance et une structure analogues à celles qui appartiennent ailleurs à l'albumen.

Par les exemples que nous venons de citer comme se rattachant à chacun de ces trois types : hétérogène, homogène à cellules perpendiculaires, homogène à cellules isodiamétriques, on voit que la famille ou tribu naturelle à laquelle la plante se rattache, non plus que la présence ou l'absence d'albumen, n'a d'influence sur la structure du cotylédon. Cette structure est également indépendante de la nature quelque peu différente des principes immédiats contenus dans les cellules, et notamment de l'absence ou de la présence d'amidon (1).

IV

Cela posé, c'est, comme il était naturel de le prévoir, au troisième type de structure, c'est-à-dire au type homogène à cellules isodiamétriques, qu'appartiennent les embryons légers qui font l'objet de ce travail. Ils ne s'y rattachent cependant qu'avec une modification particulière qui est la cause prochaine de leur singulière propriété.

---

(1) L'albumen des Légumineuses, si remarquable par ses épaisses membranes cellulaires qui, à l'exception tantôt de la couche interne, tantôt de la couche externe, sont gélifiées, se gonflent dans l'eau et forment mucilage, est dépourvu d'amidon, et l'on ne rencontre pas non plus d'amidon dans les cotylédons quand la graine possède un pareil albumen ; or, ces graines albuminées, nous venons de le voir, appartiennent également aux trois types. Parmi les graines exalbuminées, les unes ont les cotylédons dépourvus d'amidon (*Psoralea esculenta*, *Tamarindus indica*, *Acacia Farnesiana*, *Mimosa uruguensis*, etc.), tandis que chez d'autres cette substance y est plus ou moins abondante (*Cajanus bicolor*, *Arachis hypogæa*, *Sophora secundiflora*, *Entada scandens*, *Phaseolus vulgaris*, etc.) ; or ces deux sortes de graines se rencontrent indifféremment dans le même type de structure.

Déjà, dans certaines plantes de cette catégorie, dans le *Faba vulgaris*, par exemple, les cellules des cotylédons s'arrondissent davantage et laissent entre elles des méats un peu plus grands, circonstance à laquelle les graines doivent leur assez faible densité : 1,15. Développons cette tendance, exagérons ce caractère, et nous obtiendrons la structure propre aux embryons d'*Erythrina*, d'*Apios* et de *Wisteria*.

Les épais cotylédons des Érythrines (*E. indica*, *Crista-galli*, *glauca*, *caffra*) ont une section transversale de forme semi-circulaire. Les faisceaux, encore à l'état de procambium, y cheminent rangés en demi-cercle à peu de distance de la face externe ou inférieure. C'est donc à l'extrême développement du parenchyme de la face supérieure de la feuille que le cotylédon doit sa grande épaisseur ; il en est de même, d'ailleurs, dans les *Phaseolus*, *Arachis*, etc. Il lui doit aussi sa légèreté. Les cellules de ce parenchyme supérieur sont en effet de forme sphérique, avec faces de contact proéminentes en forme de bras courts, et disposées de façon à laisser entre elles, non plus de simples méats plus ou moins étroits, mais de vraies lacunes aérifères de forme irrégulière et de dimension parfois égale ou supérieure à celle des cellules elles-mêmes. Sur la face convexe, les cellules situées entre les faisceaux et l'épiderme inférieur sont plus serrées et les lacunes plus petites. Aucune de ces cellules ne contient d'amidon.

Le parenchyme des cotylédons de l'*Apios tuberosa* et du *Wisteria frutescens*, homogène d'une face à l'autre, est également composé de cellules arrondies laissant entre elles d'assez grands espaces aérifères ; seulement les cellules renferment des grains d'amidon.

En résumé, dans les plantes que nous venons d'étudier, c'est à la structure lacuneuse des cotylédons que l'embryon, et par suite, malgré le poids du tégument, la graine tout entière, doit de pouvoir flotter à la surface de l'eau.

Si donc, ainsi que cela était bien connu, il existe des plantes dont l'embryon, compacte et plus lourd que l'eau, comme c'est sa propriété générale, est maintenu à la surface par la structure spongieuse du tégument de la graine, le présent travail montre, ce qui était ignoré jusqu'ici, qu'il y en a au moins quelques autres où c'est l'embryon lui-même qui surnage, grâce à la structure spongieuse de ses cotylédons, et cela avec assez de force pour soulever le poids du tégument et faire flotter la graine.

REMARQUES

SUR LE

ROLE DU SUBSTRATUM DANS LA DISTRIBUTION DES LICHENS SAXICOLES

Par M. WEDDELL.

Dans une note lue devant l'Académie, en mai 1873, j'ai fait connaître le résultat de quelques recherches sur le substratum des Lichens (1). En me livrant à cette étude, j'avais surtout en vue de déterminer à quelles lois ces petits végétaux obéissent, dans le choix de la surface à laquelle ils demandent un soutien; mais, comme je l'ai dit alors, ce n'était pas mon seul but. Je ne doutais pas, en effet, que l'examen spécial des stations des Lichens ne fût de nature à éclairer la question de l'influence du sol sur la distribution des plantes en général; aussi n'ai-je pas été surpris de voir les règles que j'avais posées appliquées, dans un travail récent (2), et avec plein succès, aux plantes phanérogames. Toutefois, l'auteur ne paraissant pas même soupçonner l'extrême analogie, pour ne pas dire l'identité, qui existe entre les idées qu'il y expose et les miennes, il me semble utile de revenir en quelques mots sur ce sujet.

Je divise les Lichens saxicoles, au point de vue de leur substratum, en cinq catégories :

1° Lichens calcicoles.
2° — calcivores.
3° — silicicoles calcifuges.
4° — — semi-indifférents.
5° — omnicoles.

---

(1) Voyez également un article, sur le même sujet, que j'ai communiqué à la Société botanique de France (séance du 23 mai 1873), intitulé : *Les Lichens du massif granitique de Ligugé, au point de vue de la théorie minéralogique*.

(2) *Influence du terrain sur la végétation*, par M. Ch. Contejean, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers (*Ann. des sc. nat.*, 5^e série, t. XX, p. 267, avril 1875).

Ce groupement m'a été imposé, en quelque sorte, par l'observation de deux faits.

Le premier de ces faits, c'est le rôle capital que joue l'élément calcaire dans l'affectation de telle ou telle station à tels ou tels Lichens, le calcaire ayant tantôt sur la plante une influence directe et attractive, parce qu'il lui fournit un élément indispensable à son existence (*Lichens calcicoles* et *calcivores*), et exerçant tantôt sur elle une influence répulsive, en ce sens qu'il lui oppose un élément nuisible (*Lichens calcifuges*).

Le second fait consiste en ce que certains Lichens, exigeant pour leur développement un laps de temps fort considérable, ne peuvent demander le soutien qui leur est nécessaire qu'à un substratum dont la durée sera en rapport avec la leur, quelle qu'en soit d'ailleurs la constitution chimique. Ce substratum étant assez généralement siliceux, je donne à cette catégorie de Lichens le nom de *Lichens silicicoles semi-indifférents*.

Enfin la cinquième et dernière de mes catégories comprend les espèces qui végètent presque indifféremment sur tous les genres de substratum (*Lichens omnicoles* ou *indifférents*).

Cela posé, il suffit d'un examen assez superficiel pour voir :

1° Que les différentes espèces de substratum peuvent facilement se grouper sous deux chefs (1) ;

Substratum calcaires ;

Substratum neutres, comprenant tous ceux, tant minéraux qu'organiques, dans lesquels l'élément calcaire fait absolument défaut ou se trouve assez dissimulé pour cesser d'être nuisible.

2° Que les divers tempéraments lichéniques correspondant, directement ou indirectement, à ce substratum, trouvent leur expression dans les dénominations suivantes :

Lichens calcicoles exclusifs { calcicoles (2).
  calcivores.
— indifférents ou semi-indifférents.
— calcifuges.

---

(1) Je laisse provisoirement de côté quelques *substratum* organiques, tels que les écorces de certains arbres qui paraissent avoir le monopole de la production d'espèces déterminées de Lichens, n'ayant pas eu jusqu'ici l'occasion de vérifier par moi-même les faits qui les concernent. Les exemples en question sont, du reste, très-exceptionnels.

(2) Quelques rares espèces de ce groupe se rencontrent accidentellement sur le

Telle est, en insistant sur ses traits caractéristiques, la théorie que j'ai énoncée en 1873, et que M. le professeur Contejean vient d'étendre des Lichens aux Phanérogames. Ce faisant, mon savant ami a combattu, avec beaucoup de talent, les idées de Thurmann, sur l'influence prédominante de la nature physique du sol, idées dont M. Contejean avait cependant été lui-même autrefois chaud partisan. Je ne crois pas aller trop loin en disant qu'il leur a donné le coup de grâce. Persuadé, néanmoins, que l'influence physique, pour ne pas être prépondérante dans la détermination des stations végétales, ne s'en exerce pas moins, et aussi constamment peut-être que l'influence chimique, il a pensé qu'il y aurait avantage à combiner les deux méthodes. Dans la classification qu'il propose, il base dès lors les divisions primaires sur les considérations tirées de la nature chimique du sol, et les divisions secondaires sur celles qui sont offertes par son état physique. L'idée de cette classification mixte, dont je n'ai pas à apprécier ici les avantages, appartient à M. Contejean, et il a plein droit de l'appeler sienne; mais, pour ce qui est de la théorie proprement dite, surtout en ce qu'elle a de vraiment essentiel ou en ce qu'elle peut présenter de nouveau, il ne me paraît pas en être de même, ainsi qu'il sera, je crois, facile à tout le monde de s'en convaincre par la confrontation du travail de M. Contejean (1) avec le mien.

Il n'est pas hors de propos de rappeler ici que ce n'est pas seulement de l'influence du substratum qu'il faut tenir compte dans l'étude des stations des Lichens, comme des plantes en général, mais aussi de celle des *milieux*. Un rocher granitique, par exemple, examiné dans une plaine basse, ou bien à une

---

bois mort ou sur les écorces, mais surtout au voisinage des lieux habités, où le transport du calcaire, sous forme de poussière, a pu modifier plus ou moins la nature de la surface servant de *substratum*.

(1) Les divisions proposées par M. Contejean pour les plantes phanérogames, d'après la nature chimique du sol, sont les suivantes :

I. Plantes maritimes.
II. — calcicoles.
III. — calcifuges.
IV. — indifférentes.

élévation de quelque mille mètres, ou bien encore sur une plage de l'Océan, offrira, dans ces situations diverses, et sous une même latitude, des différences remarquables au point de vue de sa flore lichénique, différences dans lesquelles le substratum n'est pour rien, la diversité des flores résultant uniquement, dans les trois cas, de la manière d'être différente du milieu atmosphérique. Ce qu'il y a de particulièrement digne de note dans ce fait, c'est le contraste que présentent les Lichens dits « maritimes » avec les Phanérogames qui ont mérité cette même qualification : les Phanérogames la tirant surtout de la composition chimique du substratum ; les Lichens, au contraire, la dérivant des seules propriétés de l'atmosphère.

Par contre, entre le *modus vivendi* des Phanérogames marins, c'est-à-dire submergés, et celui des Lichens vivant dans les mêmes conditions, au moins pendant la durée du flux, il ne me paraît guère y avoir de différence appréciable ou importante. Dans l'un et l'autre cas, c'est dans le milieu liquide que les éléments nutritifs doivent surtout être puisés. On peut en dire autant d'un assez grand nombre de Phanérogames d'eau douce, comparés à certains Lichens qui vivent plongés également, pendant une partie de leur vie, sous l'eau des ruisseaux ou des torrents. Je citerai ici la famille entière des Podostémacées, comme offrant un exemple frappant, parmi les Phanérogames, de cette manière de vivre, les plantes qui la composent étant dépourvues, tout comme les Lichens, de véritables racines, mais étant obligées, néanmoins, de s'attacher à un substratum quelconque, ordinairement siliceux, pour ne pas être entraînées par la violence des courants (1).

Enfin la comparaison que l'on peut faire journellement entre la végétation lichénique développée sur les écorces d'arbres qui croissent au sein d'une ville populeuse, et celle d'arbres de même essence dans une campagne aérée, est non moins concluante en faveur de l'influence des milieux. Dans les grands parcs de Londres, où l'air ne paraît cependant pas manquer, c'est en vain que l'on cherche des traces de Lichens sur les arbres qui les décorent; tandis que, dans la plupart de nos villes de province, il n'est pas de Tilleul dont l'écorce n'en présente huit ou dix espèces, la pureté de l'air étant un des principaux *desiderata* de l'existence de ces végétaux.

---

(1) Je ne sache pas que l'on ait encore cherché à déterminer jusqu'à quel point la présence, en proportions variables, ou l'absence totale du calcaire dans l'eau douce, peut influer sur la végétation des plantes aquatiques, en particulier de certaines d'entre elles. Nous savons seulement qu'un excès de cet élément leur est généralement nuisible. Cette étude, complémentaire de celle des *substratum*, ne serait pas sans intérêt.

FIN DU PREMIER VOLUME.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

ORGANOGRAPHIE, ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES.

Nouvelles recherches sur les Mucorinées, par M. Ph. Van Tieghem. . . . 5

Étude sur la formation de la gomme dans les arbres fruitiers, par M. Ed. Prillieux. 176

Du rôle des êtres microscopiques et des moisissures dans l'altération des matières organiques, par M. Ulysse Gayon. 201

Quelques recherches sur la respiration des plantes, par MM. A. Meyer et A. de Wolkoff. 241

Histotaxie des feuilles de Graminées, par M. J. Duval-Jouve. 294

Observations sur la légèreté spécifique et la structure de l'embryon de quelques Légumineuses, par M. Ph. Van Tieghem. 383

Remarques sur le rôle du substratum dans la distribution des Lichens saxicoles, par M. Weddell. 394

MONOGRAPHIE ET DESCRIPTION DES PLANTES.

Observations sur les Pandanées, par M. Ad. Brongniart. 262

Essai d'une classification des Nostochinées, par M. G. Thuret. 373

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE.

Recherches sur les végétaux silicifiés d'Autun et de Saint-Étienne : étude du genre *Botryopteris*, par M. B. Renault. 220

TABLE DES MATIÈRES

PAR NOMS D'AUTEURS.

Brongniart (Ad.). — Observations sur les Pandanées de la Nouvelle-Calédonie. 262
Duval-Jouve (J.). — Histotaxie des feuilles de Graminées. 294
Gayon (Ulysse). — Du rôle des êtres microscopiques et des moisissures dans l'altération des matières organiques. 201
Meyer (A.). — Quelques recherches sur la respiration des plantes. . . 241
Prillieux (Ed.). — Étude sur la formation de la gomme dans les arbres fruitiers. 176
Renault (B.). — Recherches sur les végétaux silicifiés d'Autun et de Saint-Etienne : étude du genre *Botryopteris*. 220
Thuret (G.). — Essai d'une classification des Nostochinées. 373
Van Tieghem (Ph.). — Nouvelles recherches sur les Mucorinées. . . . 5
— Observations sur la légèreté spécifique et la structure de l'embryon de quelques Légumineuses. 383
Weddell (H. A.). — Remarques sur le rôle du substratum dans la distribution des Lichens saxicoles. . . . 394
Wolkoff (A. de). — Voyez Meyer.

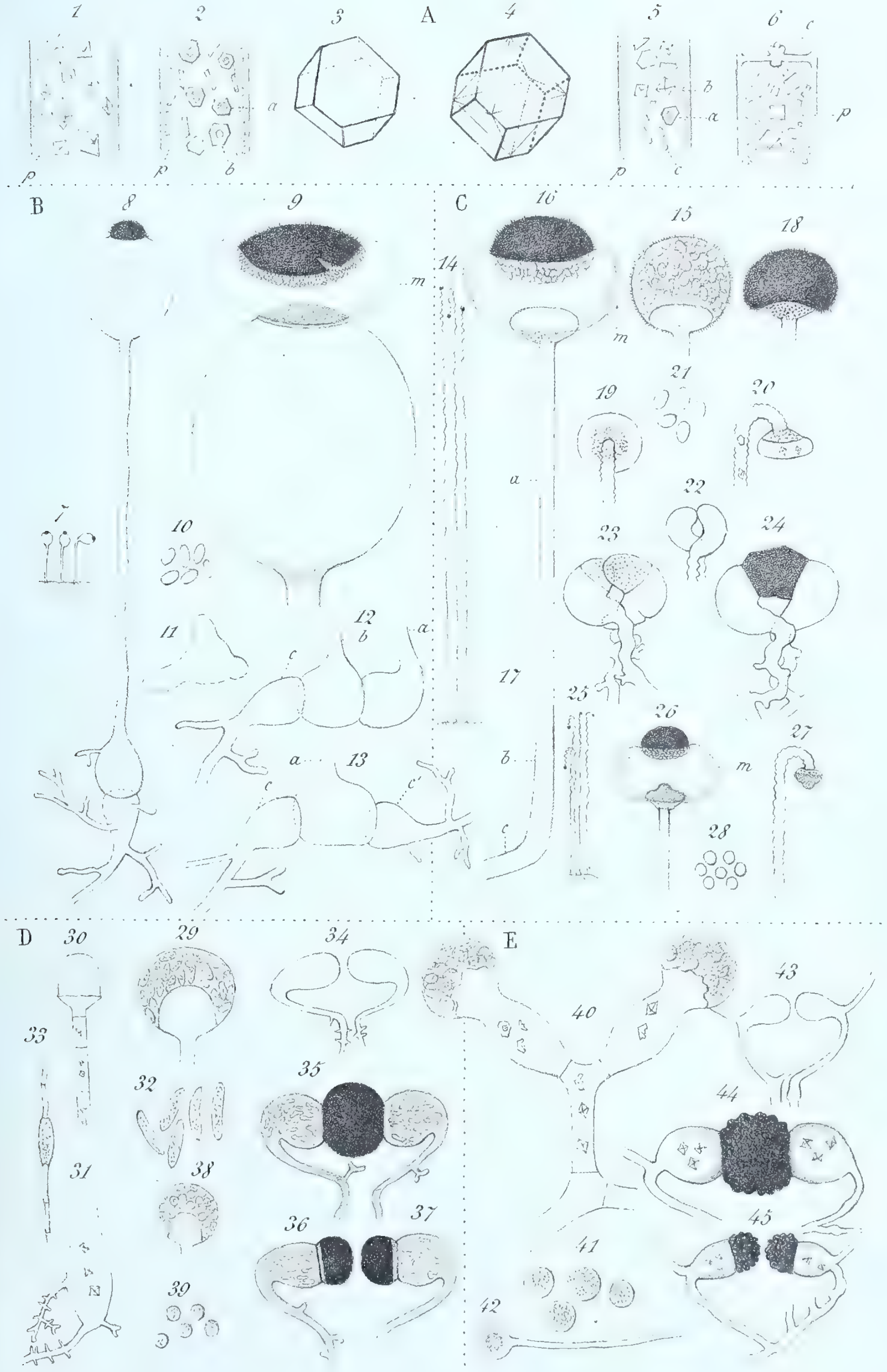
TABLE DES PLANCHES

RELATIVES AUX MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

Planche 1. Cristalloïdes de Mucorine : B, *Pilobolus roridus ;* C, *Pilaria Cesatii ;* D, *Spinellus fusiger*, etc.
— 2. A, *Rhizopus microsporus ;* C, *Circinella simplex ;* D, *Mortierella tuberosa*, etc.
— 3. A, *Syncephalis cornu ;* B, *S. reflexa*, etc.
— 4. A, *Piptocephalis fusispora ;* B, *P. microcephala*, etc. ; E, *Dimargaris cristalligena ;* F, *Dispira cornuta.*
— 5 et 6. Gomme des arbres fruitiers.
— 7. Cryptogames développés à l'intérieur d'œufs putréfiés.
— 8, 9 et 10. *Botryopteris forensis.*
— 11. *Trichomanes floribundum*, *Prieurii.*
— 12 et 13. *Helmintostachys*, *Botrychium.*
— 14. *Barrotia macrocarpa*, *altissima*, etc.
— 15. *Barrotia aragoensis*, etc. ; *Bryantia ; Pandanus.*
— 16, 17, 18 et 19. Histotaxie des feuilles de Graminées.

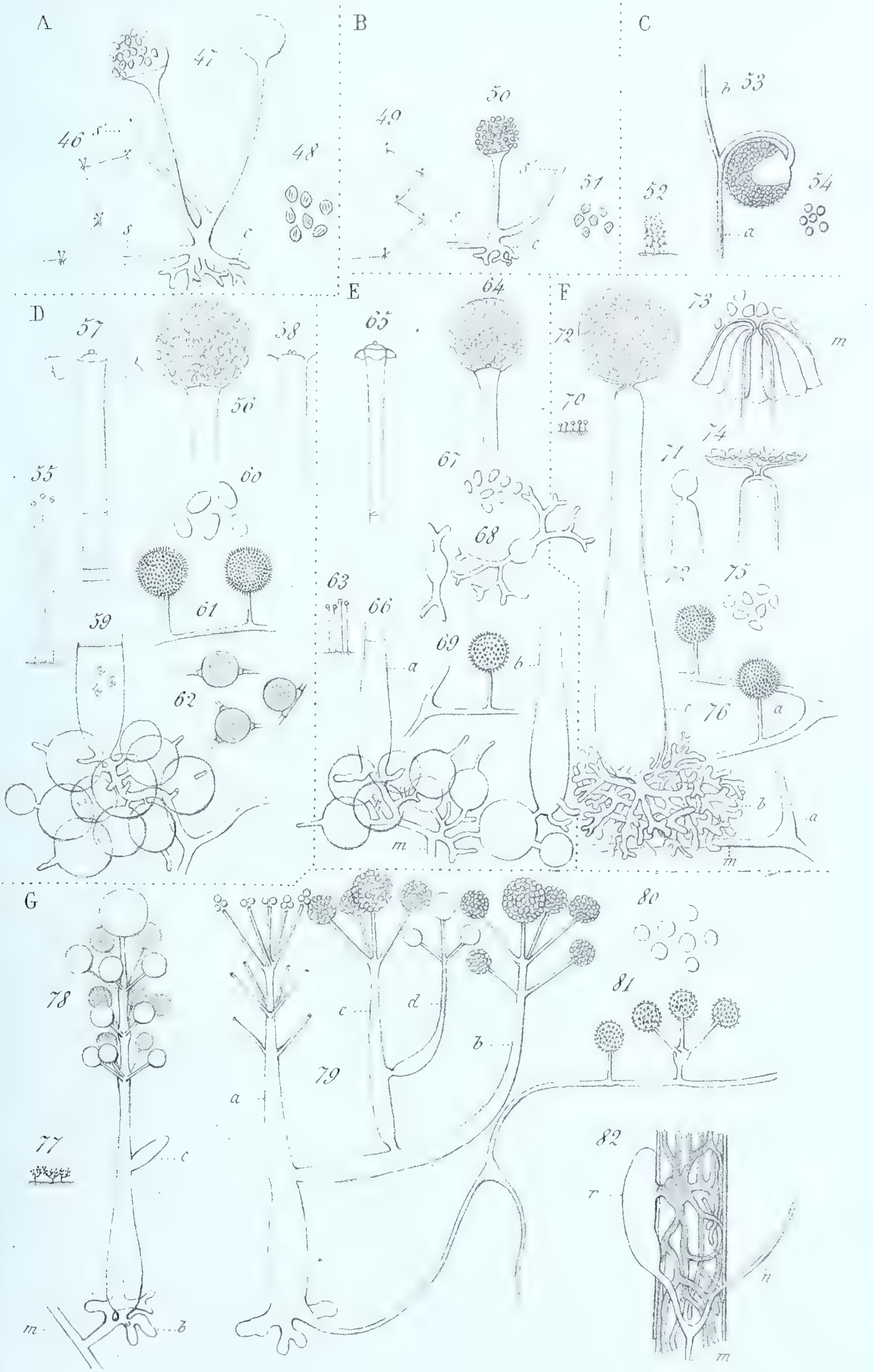
FIN DES TABLES.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2


A
B
C
D
E
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
a
b
c
c'
p
m

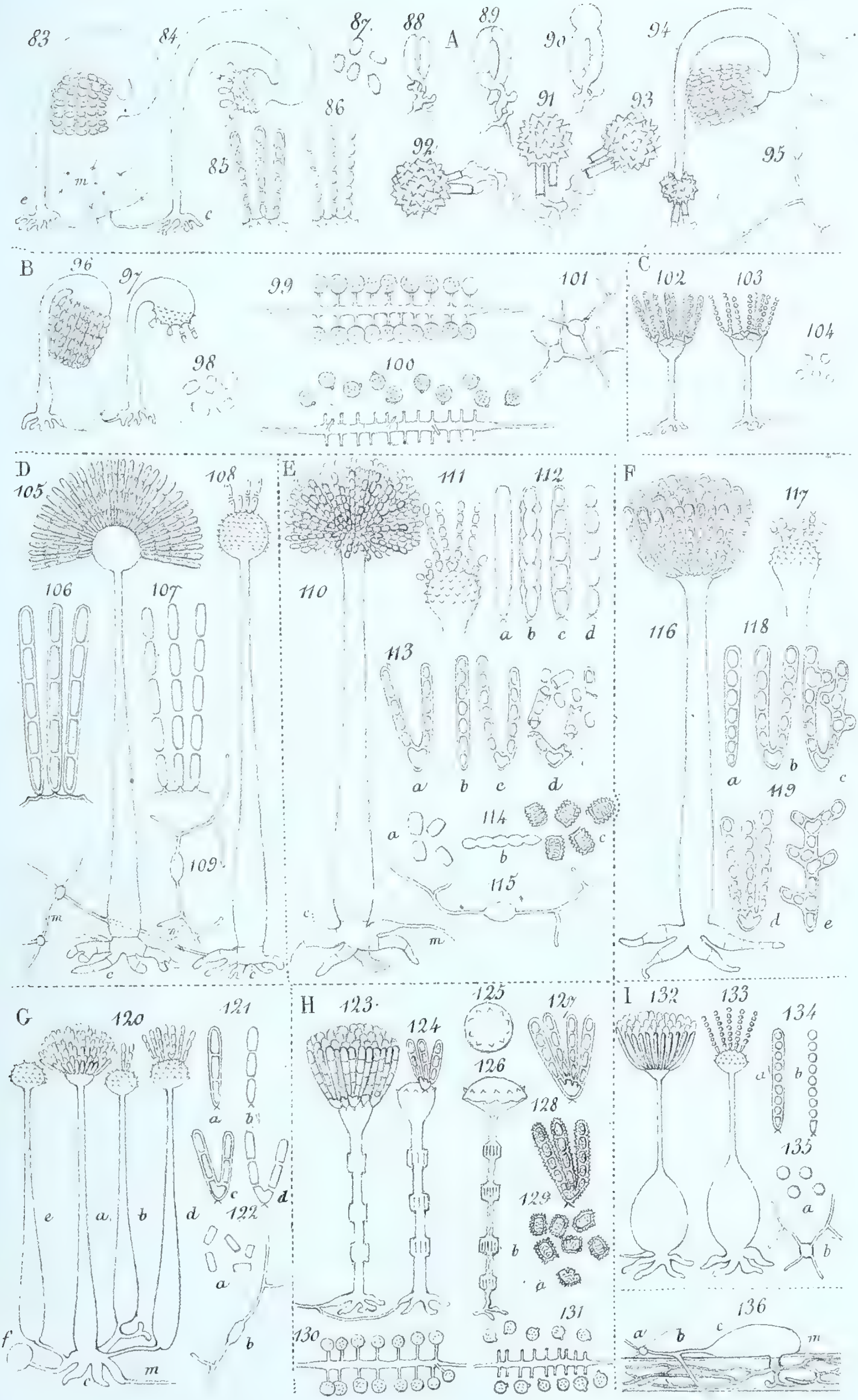
Ph. Van Tieghem delt. *Imp. Becquet.* *Delahaye lith.*

A. *Cristalloides de mucorine* _ B. *Pilobolus roridus* _ C. *Pilaira Cesatii et P. nigrescens.*
D. *Spinellus fusiger et Sp. sphaerosporus* _ E. *Sporodinia grandis.*


A
47
46
48
s
c
B
50
49
51
s
c
C
53
b
52
54
a
D
57
58
56
55
60
61
59
62
E
65
64
67
68
63
66
69
a
b
m
F
72
73
m
70
71
74
75
76
a
b
m
G
78
79
80
81
82
77
a
b
c
d
m
r
n

Ph. Van Tieghem del.t Imp. Becquet. Delahaye lith.

A. *Rhizopus microsporus* _ B. *Rh. minimus* _ C. *Circinella simplex*.
D. *Mortierella tuberosa* _ E. *M. pilulifera* _ F. *M. strangulata* _ G. *M. biramosa*.



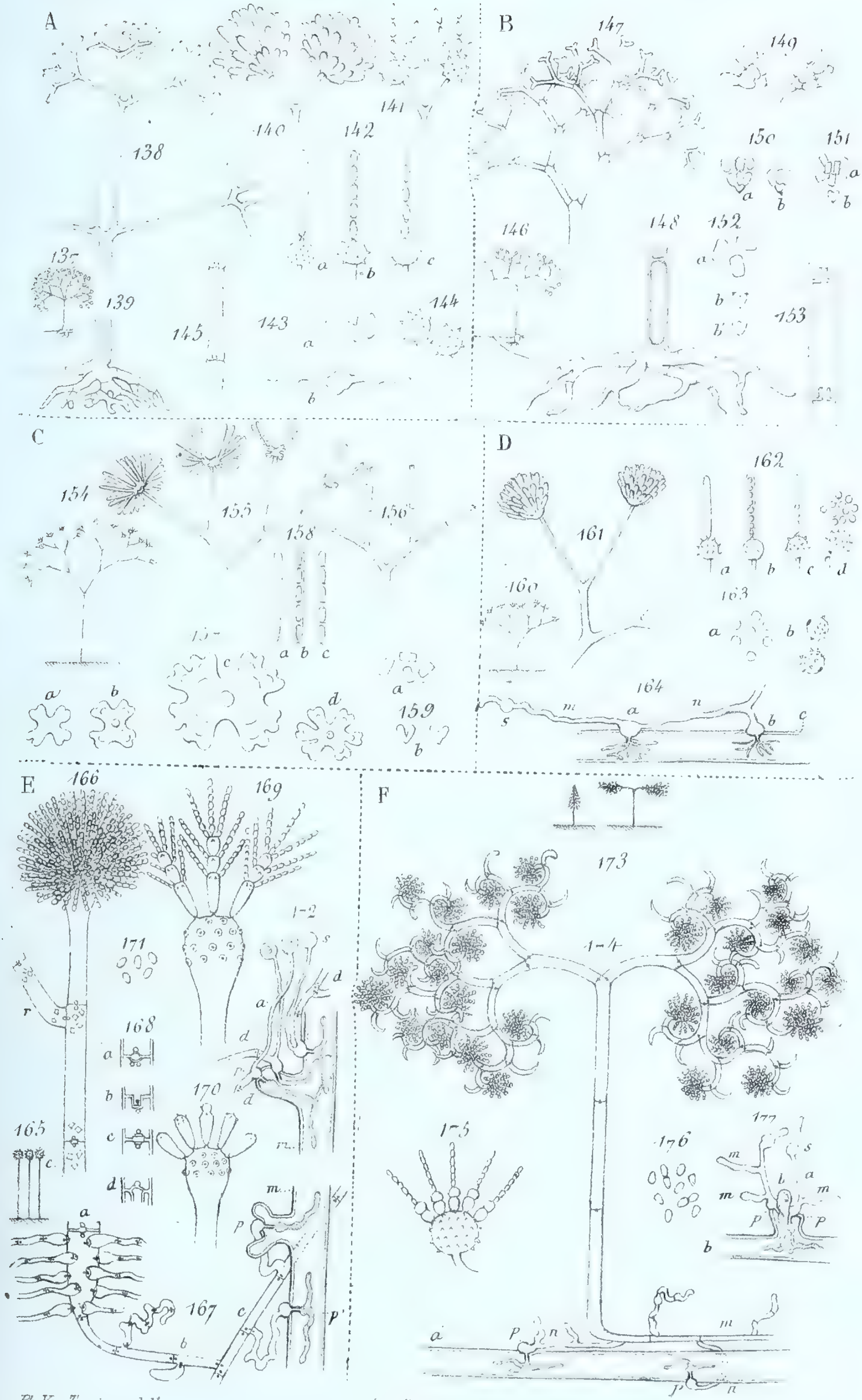
83
84
85
86
87
88
A
89
90
91
92
93
94
95
m
e
c
B
96
97
98
99
100
101
C
102
103
104
D
105
106
107
108
109
m
c
E
110
111
112
a
b
c
d
113
a
b
c
d
114
a
b
c
115
m
F
116
117
118
a
b
c
119
d
e
G
120
121
a
b
c
d
122
a
b
e
a
b
d
f
c
m
H
123
124
125
126
127
128
129
a
b
130
131
I
132
133
134
a
b
135
a
b
136
a
b
c
m

Ph. Van Tieghem del.

Imp. Becquet, pr.

Delahaye sc.

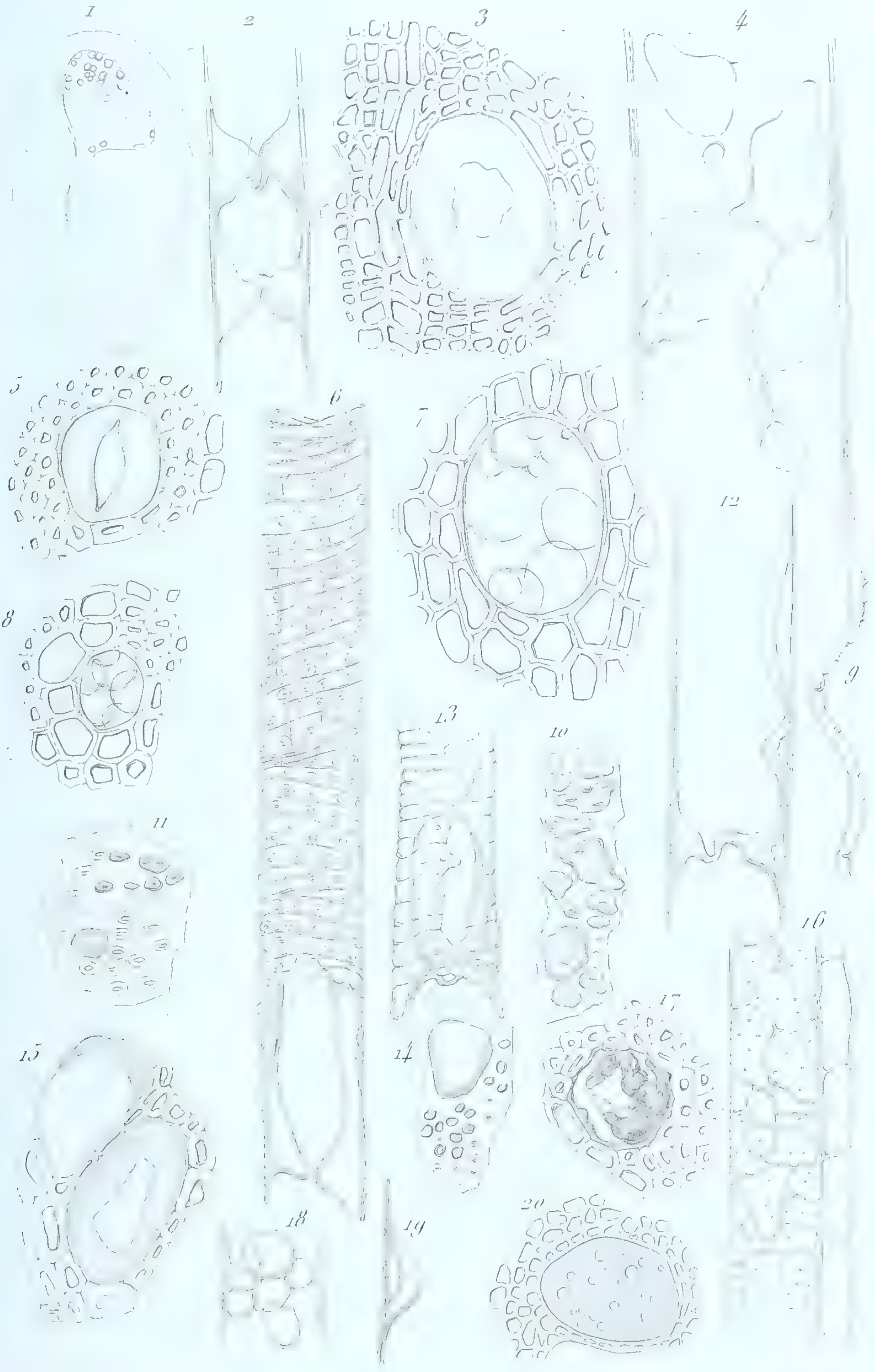
A *Syncephalis cornu* _ B, *S. reflexa* _ C, *S. tetrathela* _ D, *S. sphaerica*
E, *S. intermedia* _ F, *S. ramosa* _ G, *S. fasciculata* _ H, *S. nodosa* _ I, *S. ventricosa*


A
B
C
D
E
F
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177

Ph. Van Tieghem del.t Imp. Becquet . pa. Delahaye lith.

A, *Piptocephalis fusispora* — B, *P. microcephala* — C, *P. cruciata*
D, *P. sphærospora* — E, *Dimargaris cristalligena* — F, *Dispira cornuta*

URAL HI

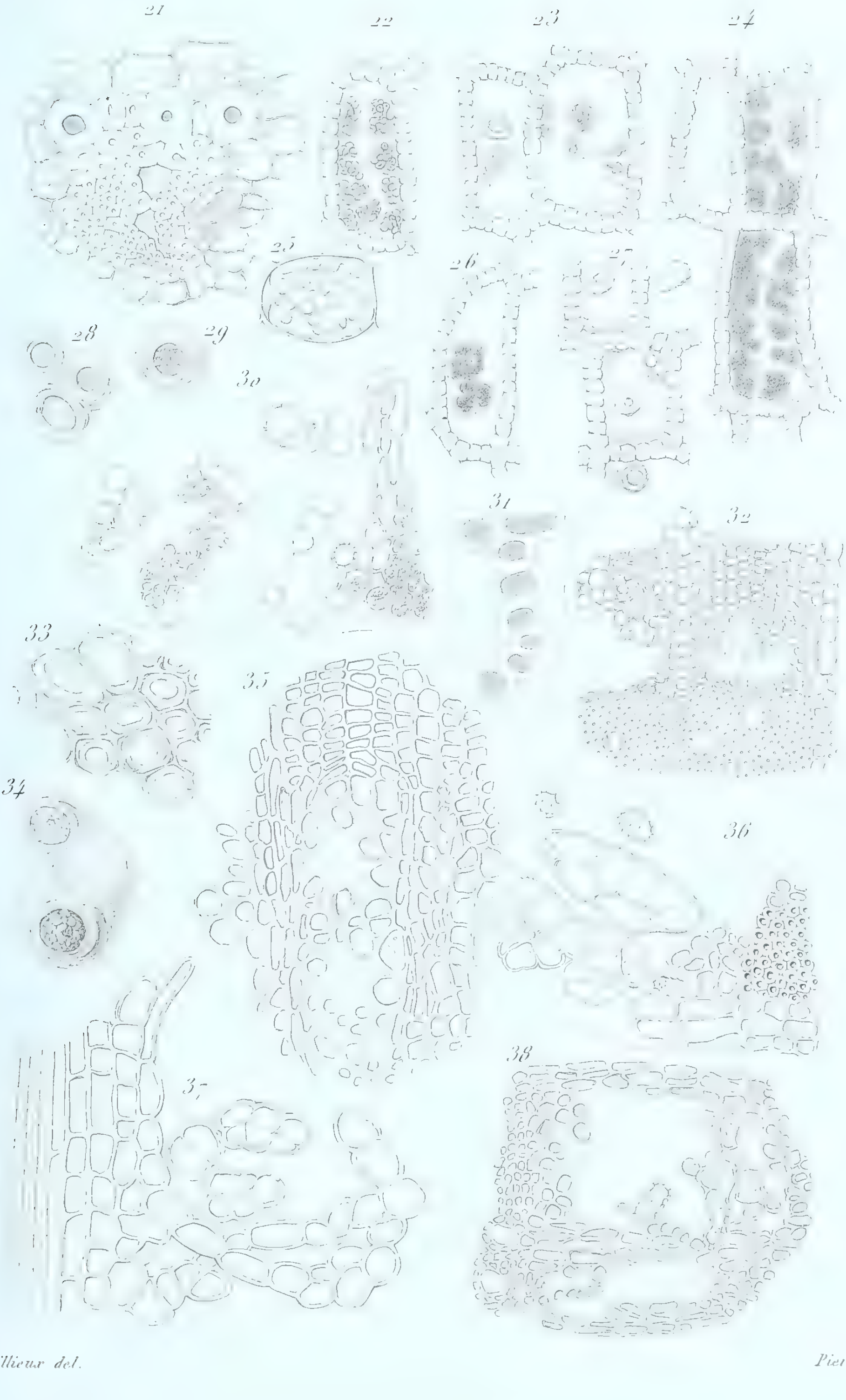

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Prillieux del. Pierre sc.

Gomme des Arbres fruitiers.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.

NATURAL

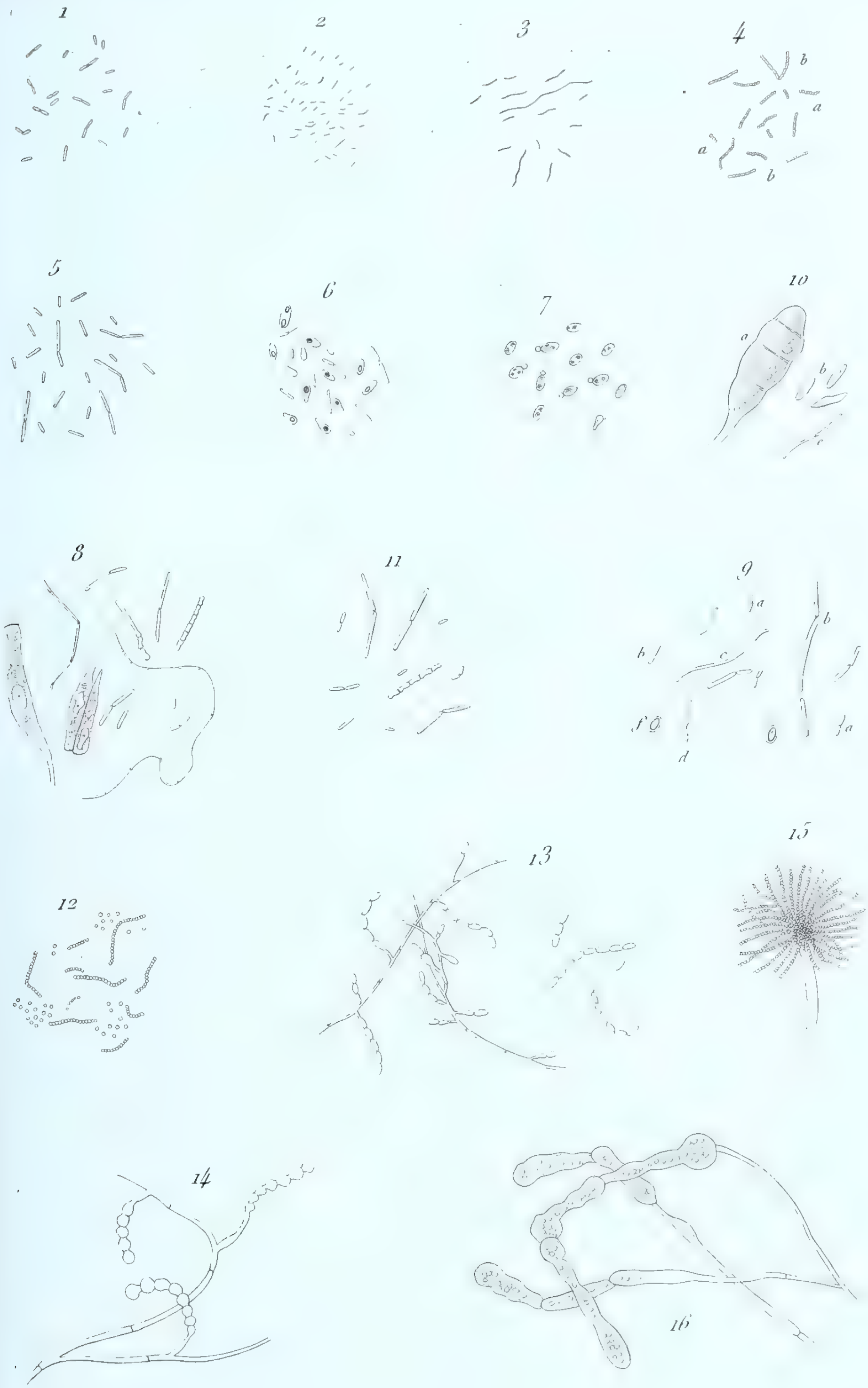

21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38

Prillieux del.

Pierre sc.

Gomme des Arbres fruitiers.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris

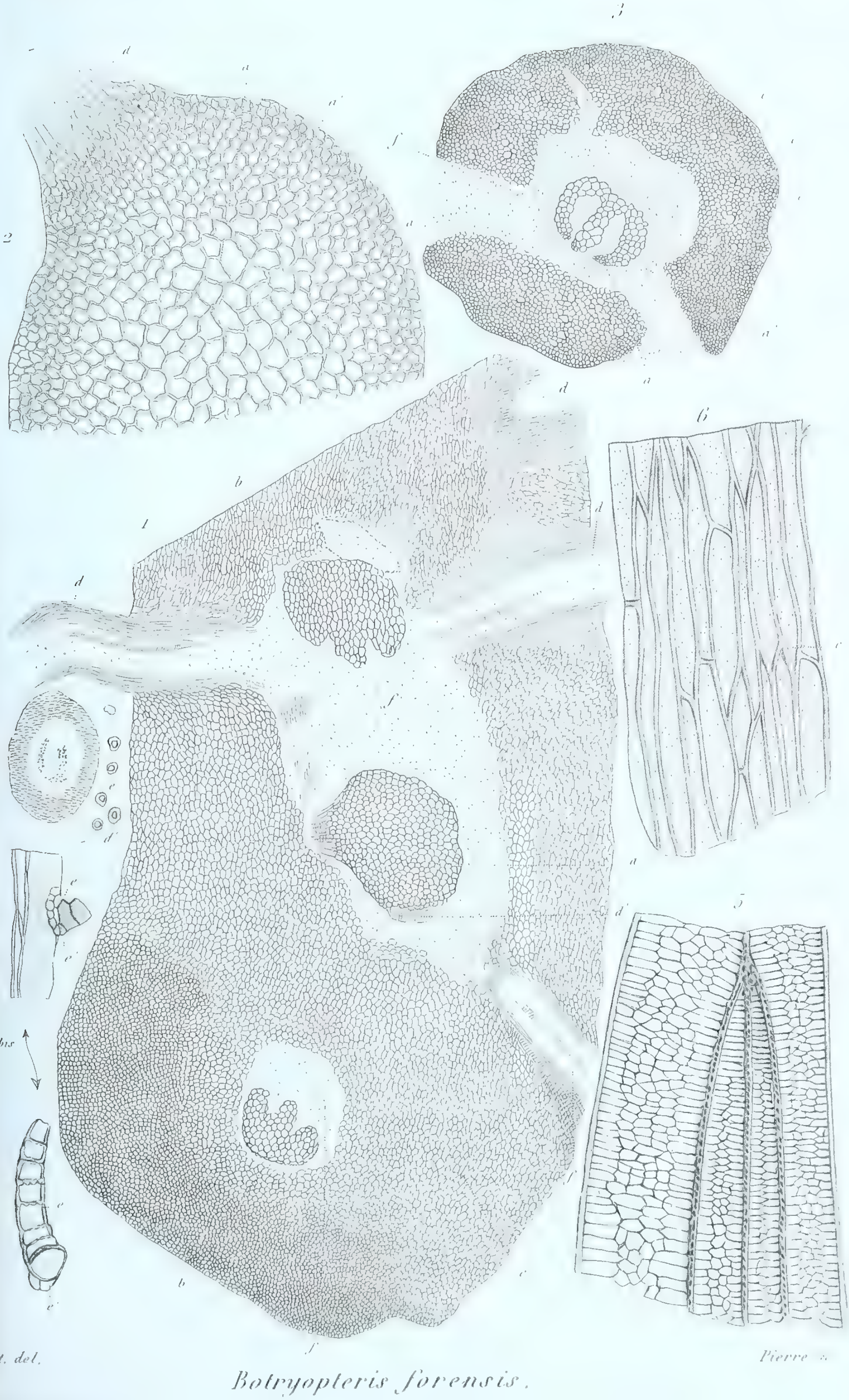

1
2
3
4
b
a
a
b
5
6
7
10
a
b
c
8
11
9
a
b
c
g
b
a
f
d
12
13
15
14
16

U. Gayon del.
Pierre sc.

Cryptogames développées à l'intérieur d'œufs putréfiés.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.

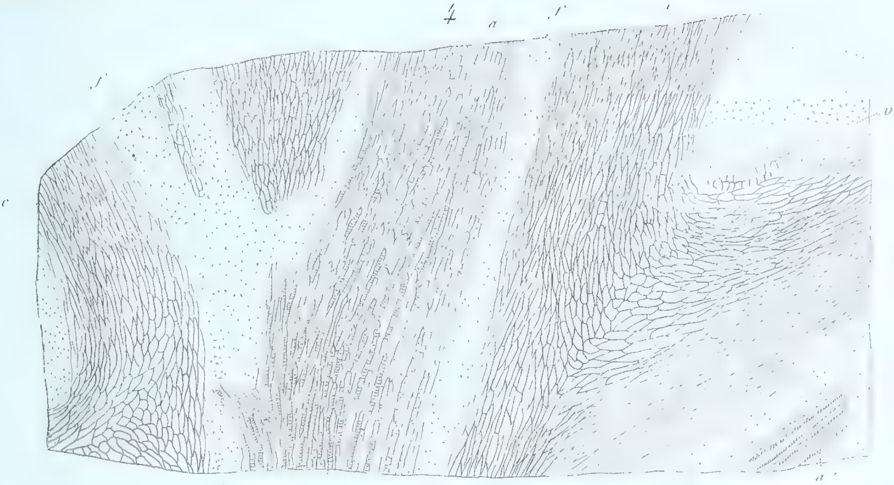
NATURAL


3
2
1
6
5
6 bis
a
a'
b
c
d
d'
e
e'
f
f'

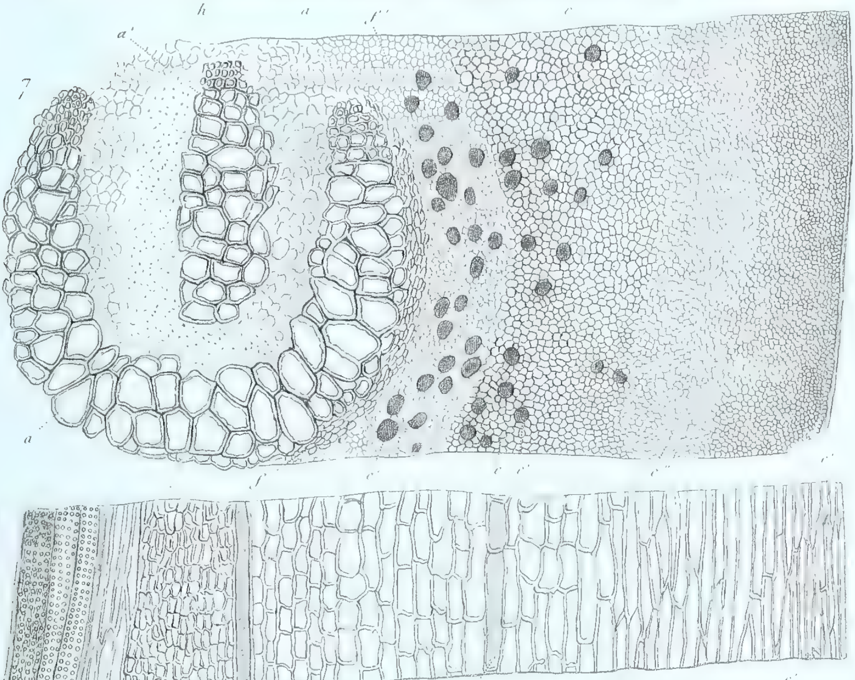
Rt. del. Pierre sc.

Botryopteris forensis.

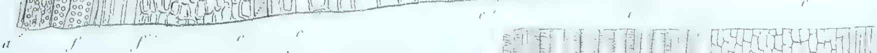
4


a
f
f
v
c
h
a
f'
c
a'

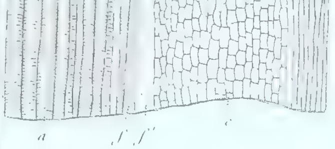
7



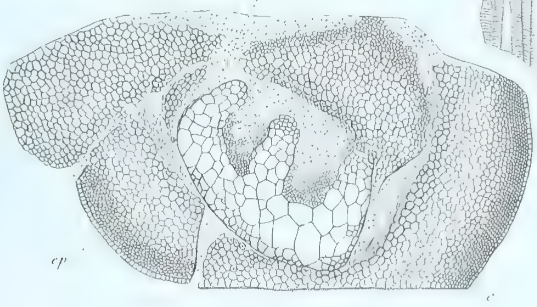
8



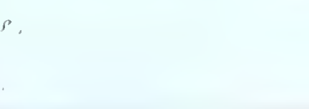
9 bis



9



10

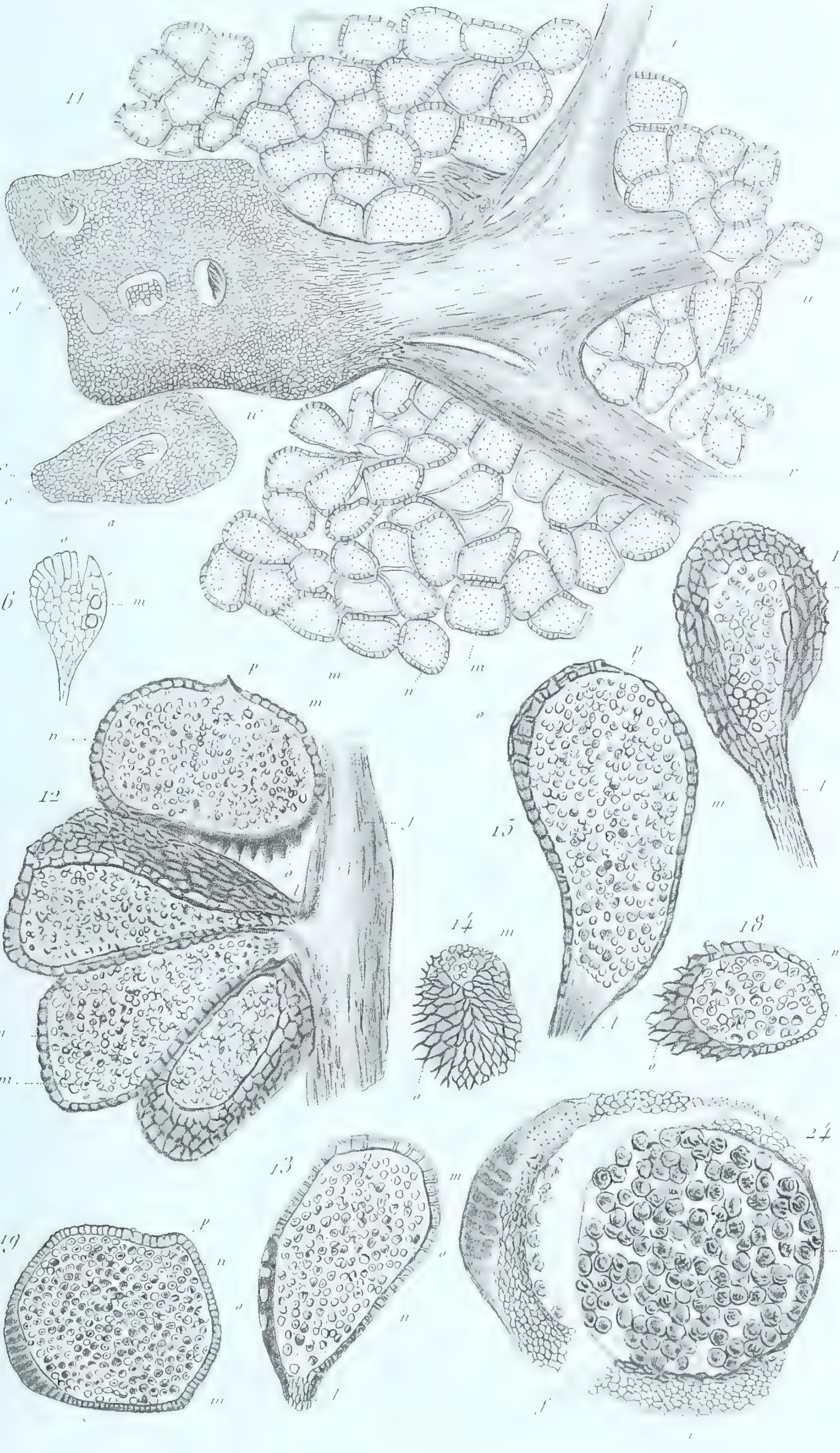


B. Rt. del.

Pierre sc.

Botryopteris forensis.

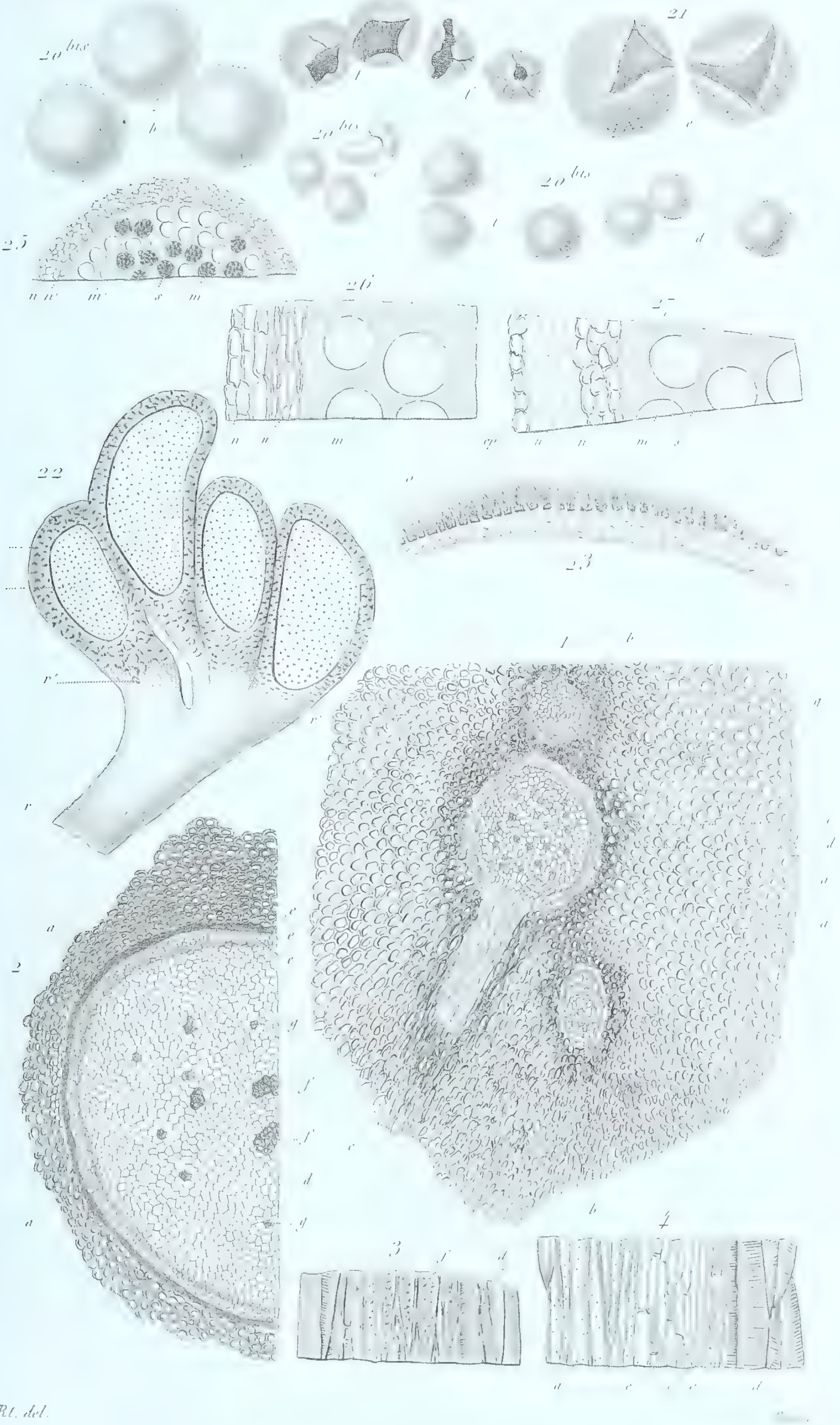
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.


11
u
f
a
r
m
n
16
o
m
17
o
m
t
12
p
m
n
o
t
n
m
15
p
o
m
t
14
m
o
18
m
p
o
13
m
o
n
t
24
m
f
19
p
n
o
o
m

B. Rt. del.
Pierre sc.

Botryopteris forensis.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade 15, Paris.


20 bis
b
20
c
c
21
c
20 bis
c
20 bis
d
25
n n' m' s m
26
n n m
27
ep n n m s
22
n
m
r'
r
r
o
23
1
b
a
d
d
a
a
2
c
c
c
g
f
f
d
g
a
b
3
f
d
4
a c c d

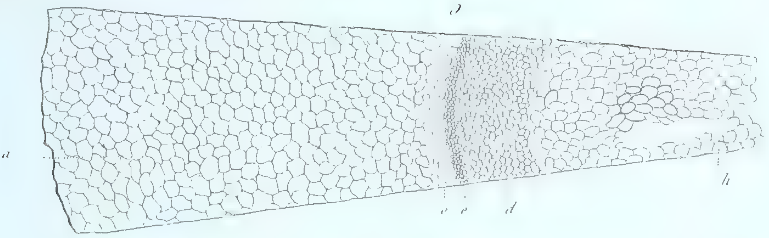
B. Rt. del.

Trichomanes floribundum — Prieurii.

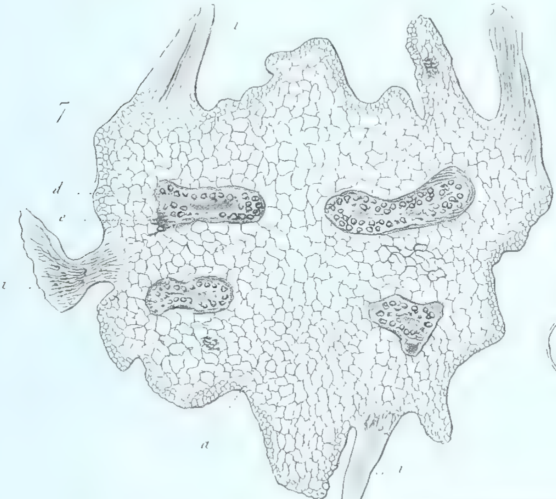
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.

NATURAL HISTORY

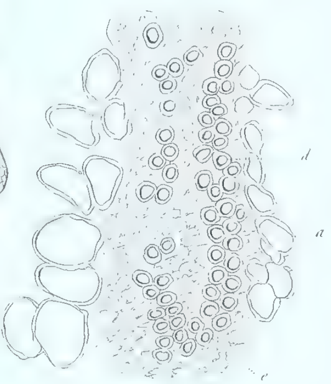
5



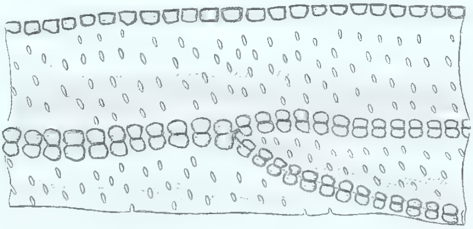
7



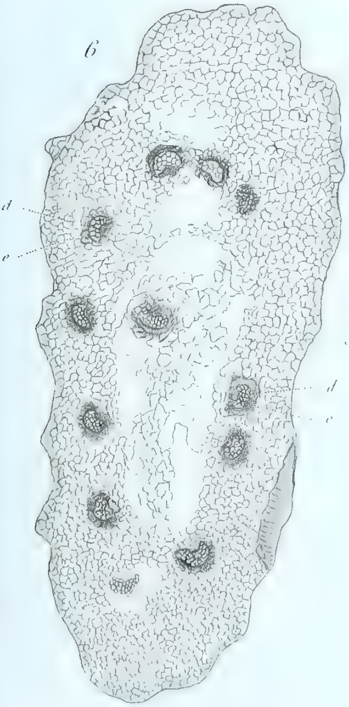
8



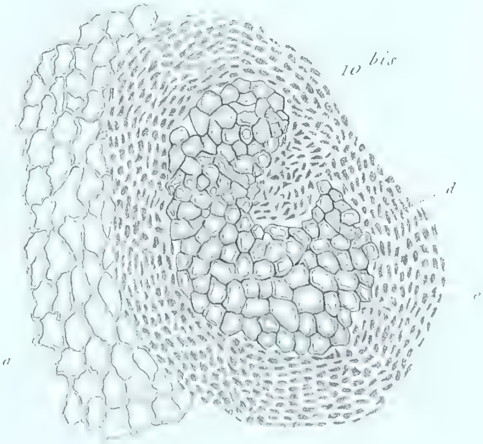
9



6



10 bis

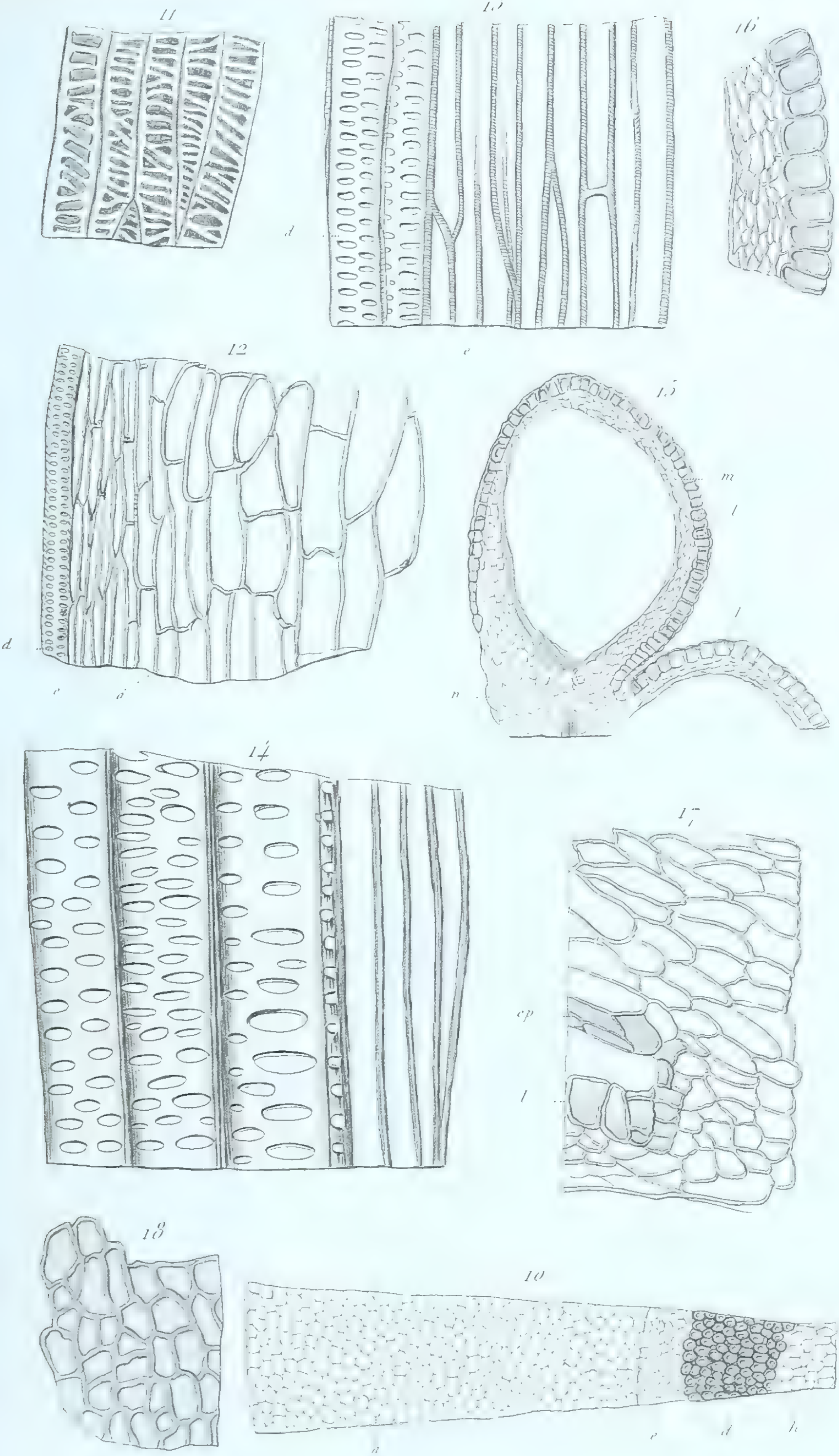


Rl del. Pierre sc.

Helmintostachys, Botrychium.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.

[illegible] MUSEUM [illegible]
NATUR[illegible]

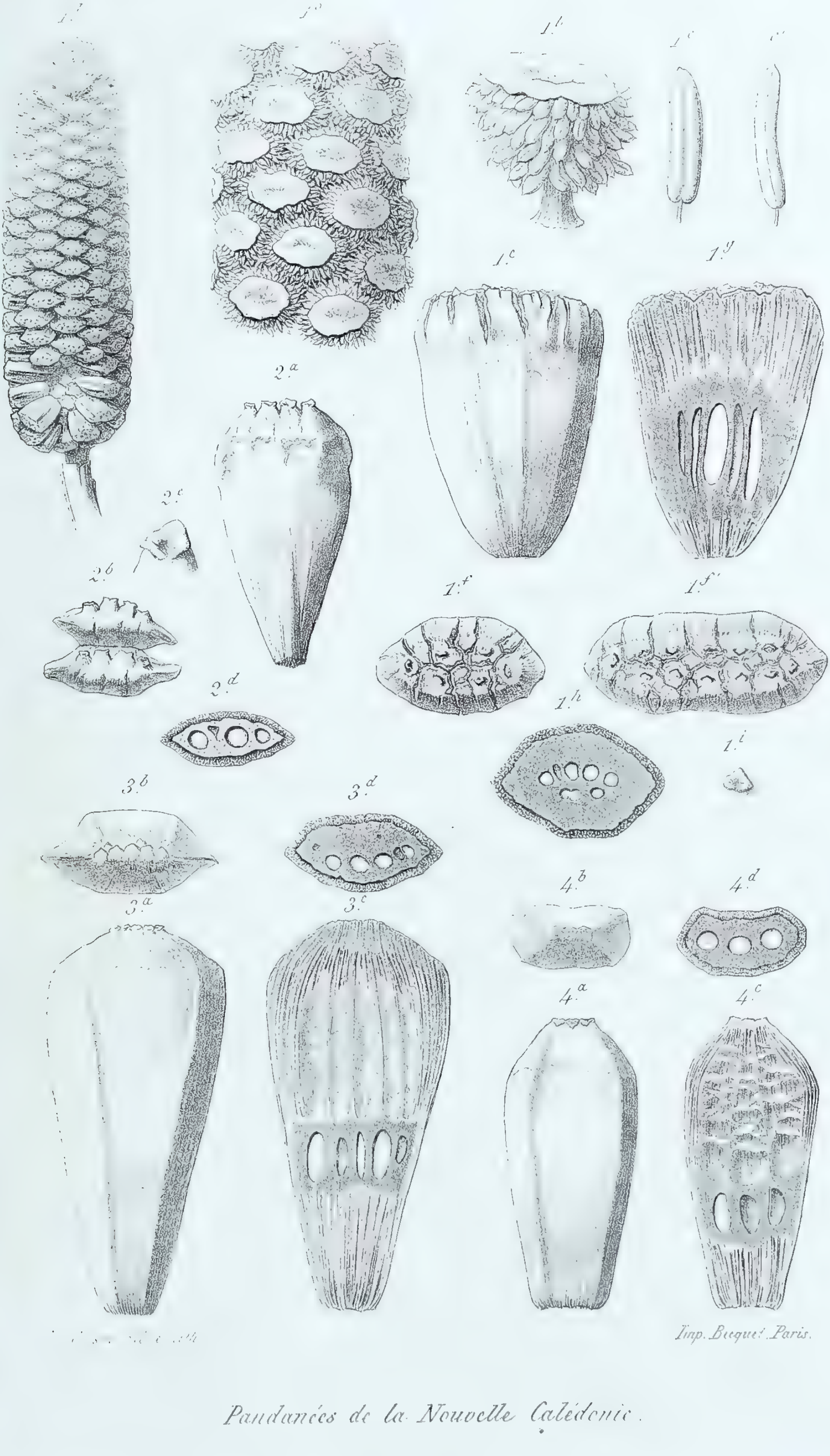

11
13
16
d
e
12
15
m
l
l
d
e
a
n
14
17
ep
l
18
19
e
d
h
a

B. Rt. del.

Pierre sc.

Helmintostachys, Botrychium.

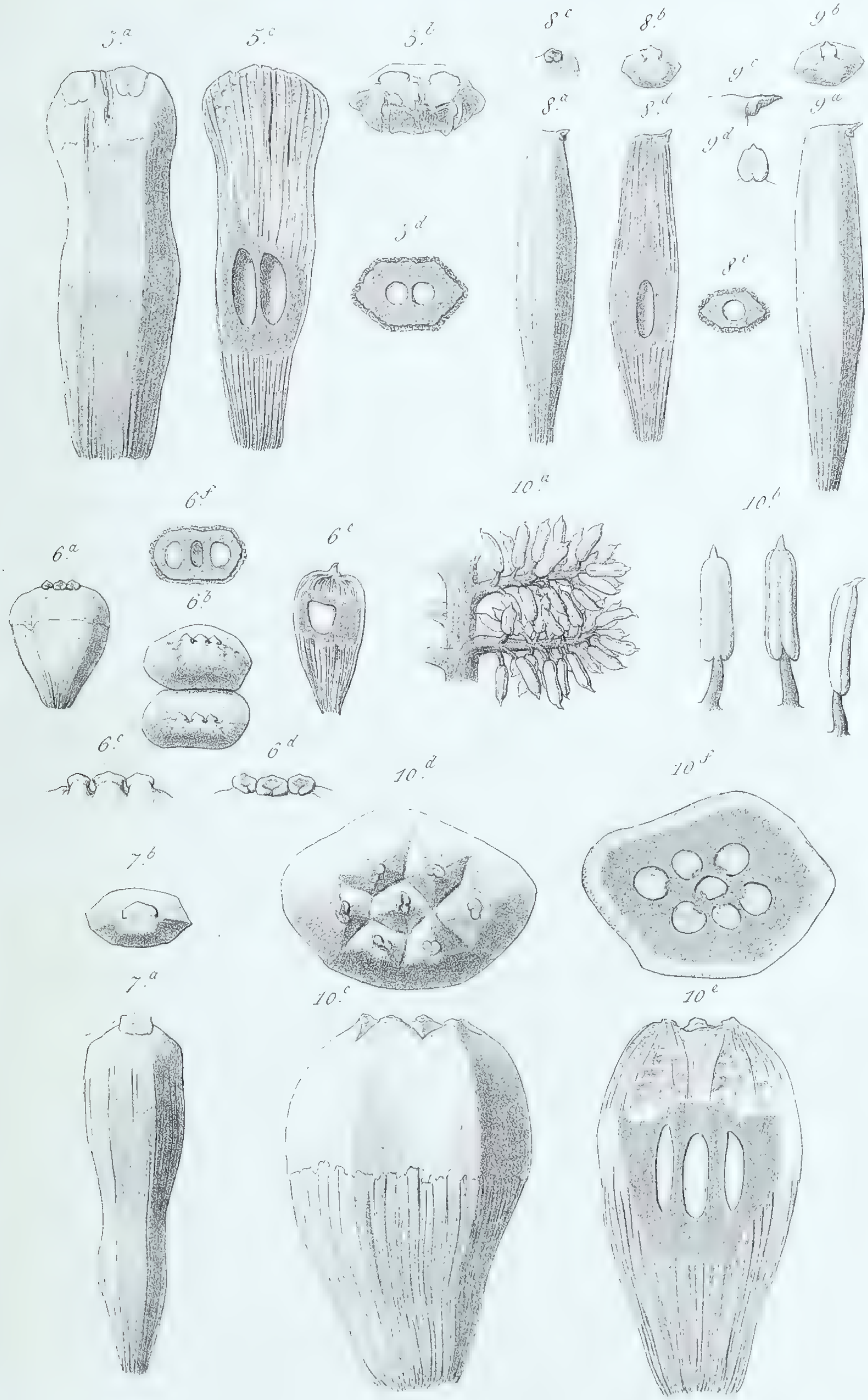
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.


1.a
1.d
1.b
1.c
1.c'
2.a
1.e
1.g
2.c
2.b
1.f
1.f'
2.d
1.h
1.i
3.b
3.d
4.b
4.d
3.a
3.c
4.a
4.c

Imp. Becquet. Paris.

Pandanées de la Nouvelle Calédonie.

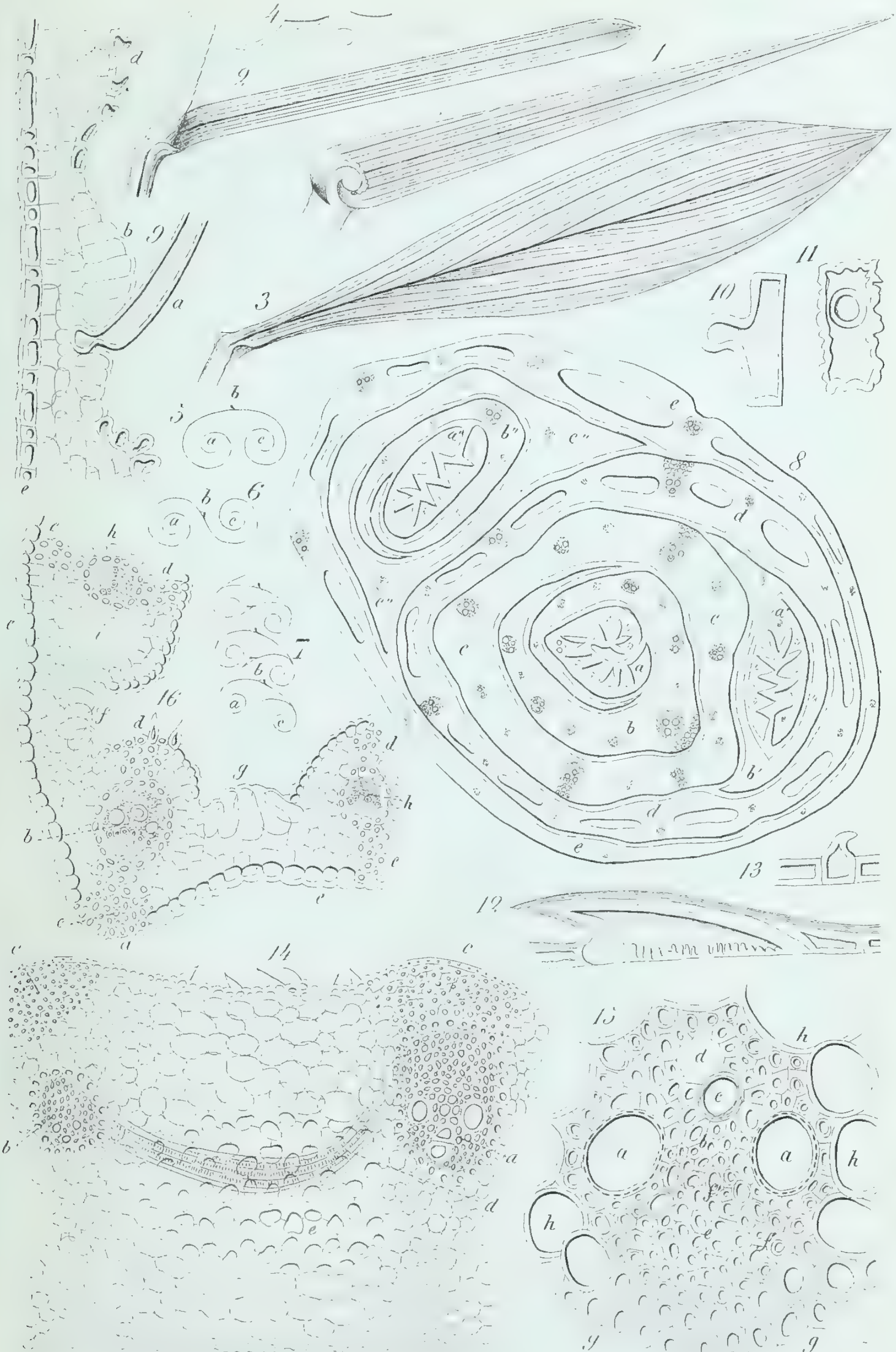
NATURAL HISTORY


5.a
5.c
5.b
8.c
8.b
9.b
9.c
8.a
8.d
9.d
9.a
5.d
8.e
6.f
10.a
10.b
6.a
6.c
6.b
6.c
6.d
10.d
10.f
7.b
7.a
10.c
10.e

Ch. Cuisin del. et lith. *Imp. Becquet Paris*

Pandanées de la Nouvelle Calédonie.

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

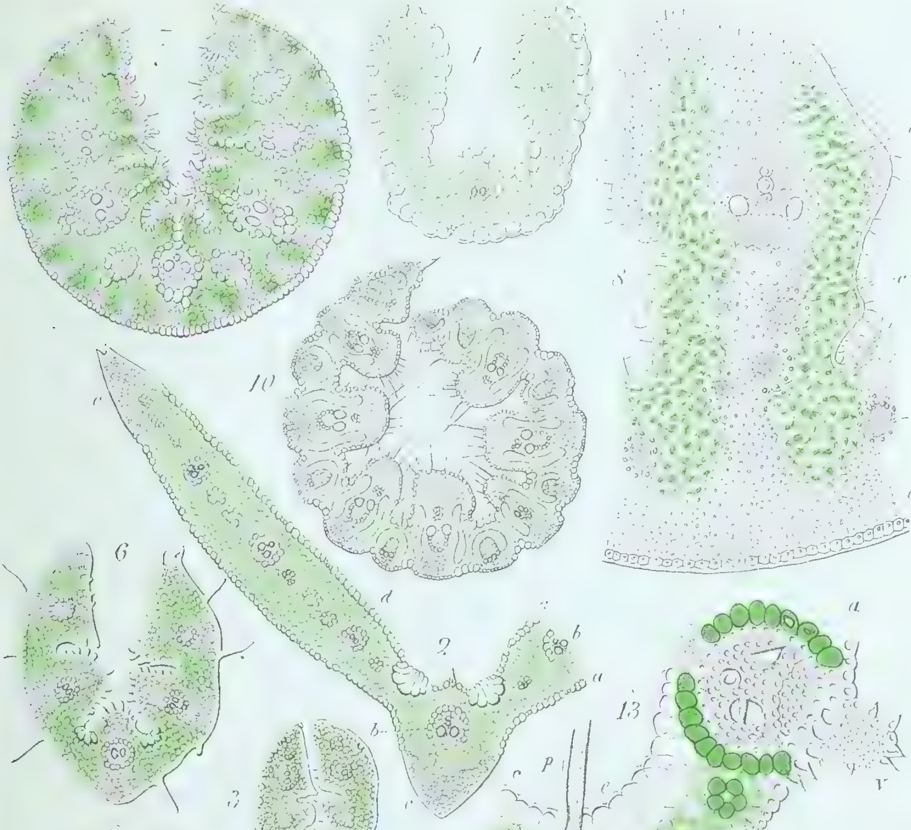

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
a
b
c
d
e
f
g
h
a'
b'
a''
b''
c''

J. Duv-J.

Combes sc.

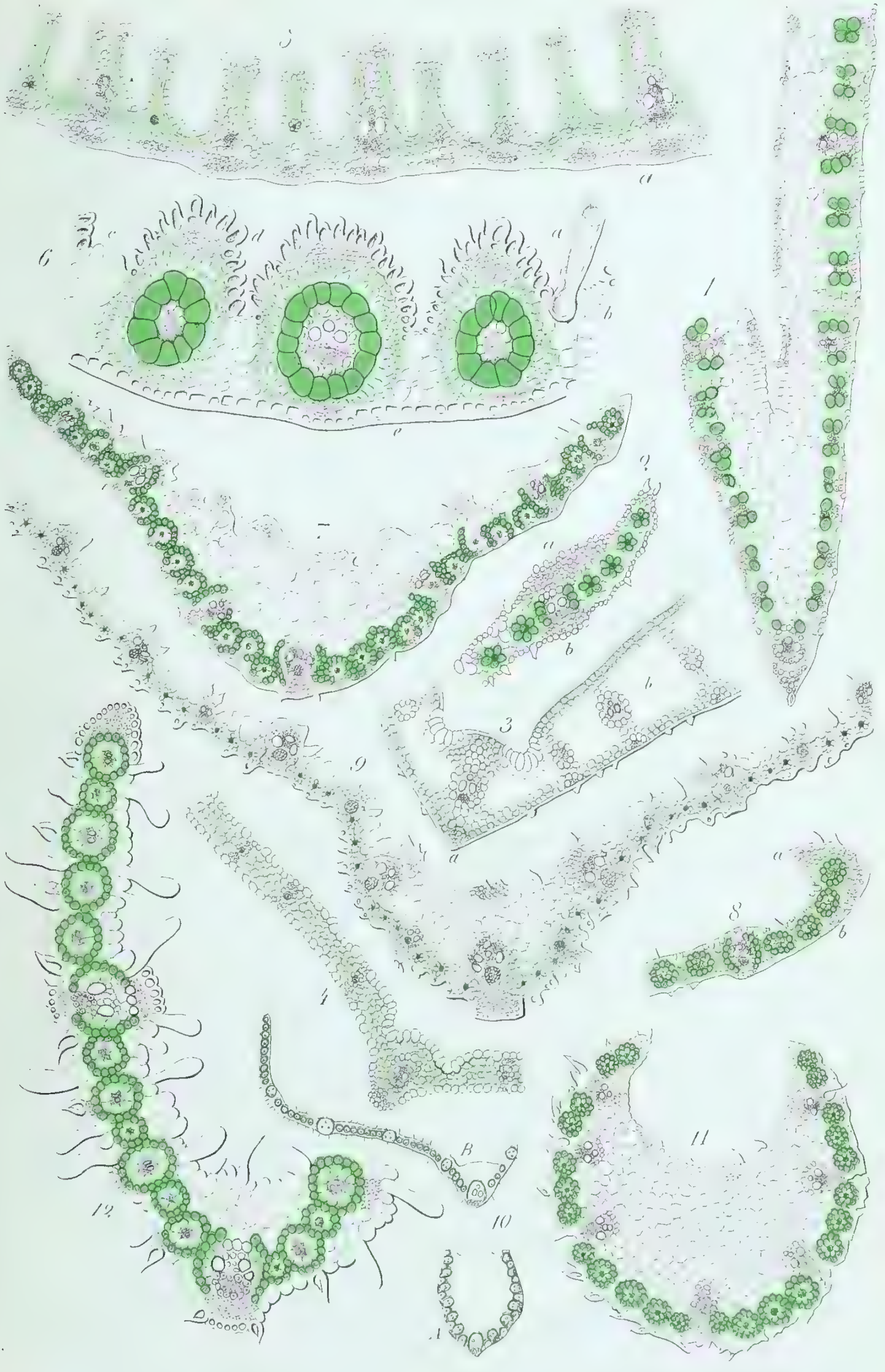
Feuilles de Graminées.

MUSEUM
TURAL HIS


1
2
3
4
5
6
8
9
10
11
12
13
a
b
c
d
e
p
v

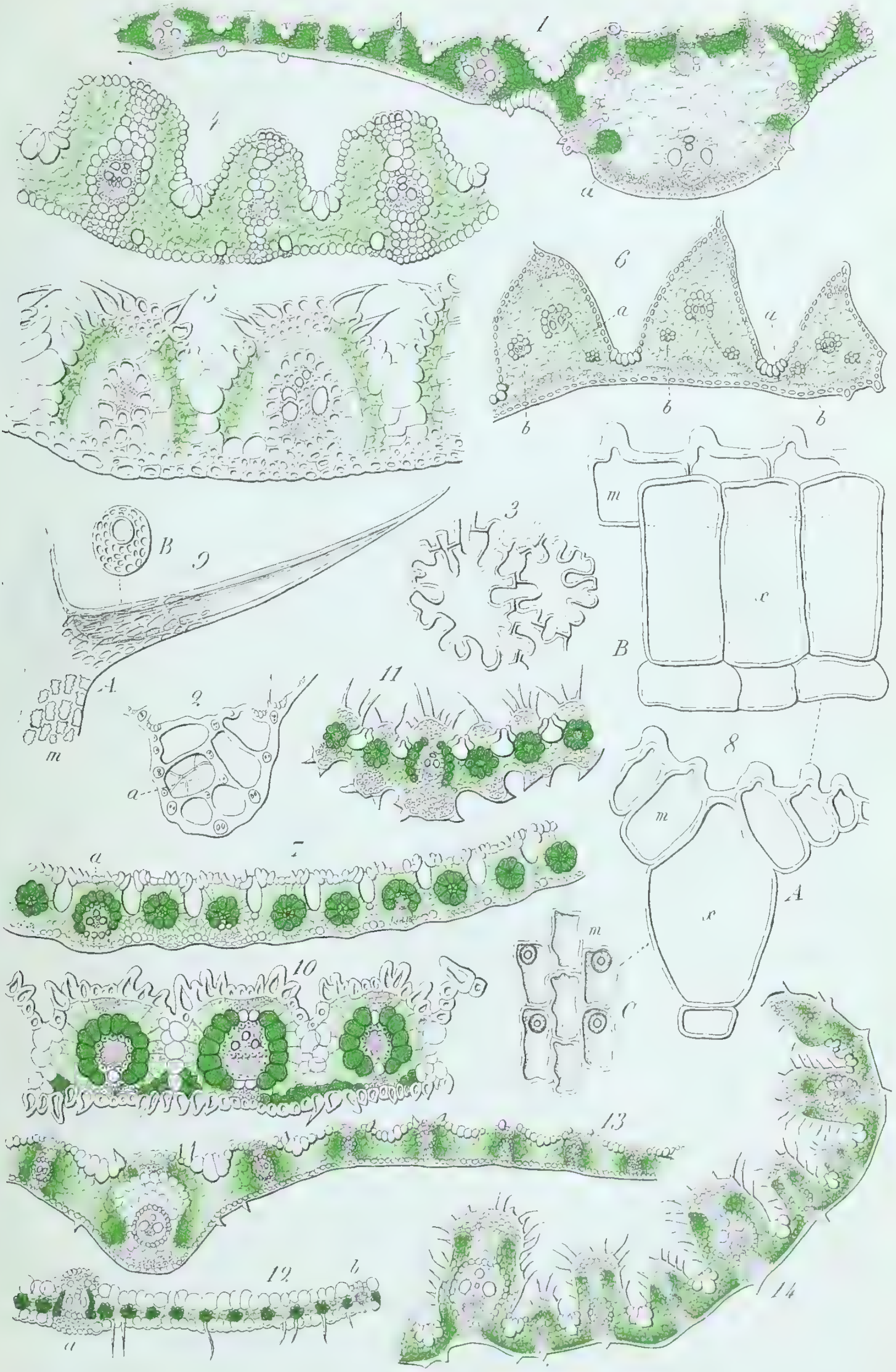
J. Dux del.		Combes sc.

Feuilles de Graminées


5
a
6
d
a
b
c
1
2
a
b
7
3
b
a
9
8
a
b
4
B
10
A
11
12

J. Duv-J. Combes sc.

Feuilles de Graminées.


1
a
4
5
6
a
a
b
b
b
m
x
B
3
B
9
A
m
2
a
11
8
m
A
x
7
a
m
C
10
13
14
12
b
a

J. Duv.-J. Combes sc.

Feuilles de Graminées.